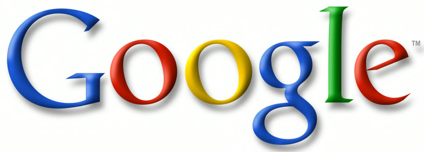
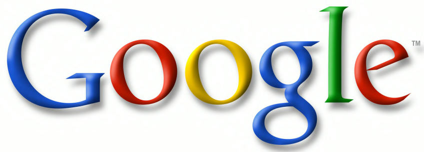






LEÇONS

SUR

LES PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES

ET

LES ALTÉRATIONS PATHOLOGIQUES

DES

LIQUIDES DE L'ORGANISME

I

OUVRAGES DE M. CL. BERNARD

CHEZ LES MÊMES LIBRAIRES.

Leçons de Physiologie expérimentale appliquée à la médecine, faites au Collége de France. Paris, 1855-1856, 2 vol. in-8, avec figures intercalées dans le texte . . . . 14 fr.

Le tome II. Paris, 1856, in-8, avec figures . . . . 7 fr.

Cours de médecine du Collége de France. Paris, 1857-1859, 5 vol. in-8, avec figures intercalées dans le texte . . . . 35 fr.

On peut se procurer séparément :

Leçons sur les effets des Substances toxiques et médicamenteuses, 1857, 1 vol. in-8, avec 32 figures intercalées dans le texte . . . . 7 fr.

Leçons sur la physiologie et la pathologie du Système nerveux. 1858, 2 vol. in-8, avec 80 figures intercalées dans le texte . . . . 14 fr.

Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des différents Liquides de l'organisme. 1859, 2 vol. in-8, avec figures intercalées dans le texte . . . . 14 fr.

Mémoire sur le pancréas et sur le rôle du suc pancréatique dans les phénomènes digestifs, particulièrement dans la digestion des matières grasses neutres. Paris, 1856, in-4, avec 9 planches gravées, en partie coloriées . . . . 12 fr.

Paris. — Imprimerie de L. Martinet, rue Mignon, 2.

COURS DE MÉDECINE
DU COLLÉGE DE FRANCE.

LEÇONS
SUR
LES PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES
ET
LES ALTÉRATIONS PATHOLOGIQUES
DES
LIQUIDES DE L'ORGANISME

PAR

M. Claude BERNARD,

MEMBRE DE L'INSTITUT DE FRANCE,
Professeur de médecine au Collége de France,
Professeur de physiologie générale à la Faculté des sciences, Membre des Sociétés de Biologie,
Philomatique de Paris, correspondant de l'Académie
de médecine de Turin, des sciences médicales et des sciences naturelles de Lyon,
Constantinople, Édimbourg, Stockholm, Francfort-sur-le-Mein, Munich,
de Suisse, de Vienne, de Florence, etc., etc.

Avec figures intercalées dans le texte.

TOME PREMIER.

PARIS,

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS,
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE,
Rue Hautefeuille, 19.

Londres, HIPP. BAILLIÈRE, 219, REGENT-STREET. | New-York, HIPP. BAILLIÈRE, 290, BROADWAY.

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, CALLE DEL PRINCIPE, 11.

M DCCC LIX

AVANT-PROPOS.

Personne ne contestera l'importance de l'étude des différents liquides de l'organisme, à l'état normal et à l'état pathologique. C'est, en effet, dans le sang et dans les liquides qui en dérivent que la physiologie trouve la plupart des conditions pour l'accomplissement des actes physico-chimiques de la vie, et c'est dans les altérations de ces mêmes liquides que la médecine cherche les causes d'un très grand nombre de maladies.

Les progrès de la chimie moderne ont sans doute jeté beaucoup de lumière sur la composition des fluides animaux; mais, néanmoins, le sujet reste encore entouré des plus grandes obscurités. Il ne suffit pas en effet, pour le physiologiste et le médecin, d'avoir caractérisé plus ou moins exactement la constitution chimique des liquides organiques. Il faut surtout connaître l'influence qu'ils peuvent exercer sur les manifestations vitales et, réciproquement, les changements que peuvent leur faire subir les diverses conditions organiques de l'individu vivant.

C'est particulièrement d'après ce dernier point de

vue qui nous a paru trop négligé, que nous avons dirigé les recherches qui font l'objet de ces deux volumes. Dès la première leçon, nous avons insisté sur la nécessité d'apprécier dans l'expérimentation physiologique en général, et dans l'étude des liquides organiques en particulier, les conditions organiques ou vitales des phénomènes. De plus, nous avons montré que ces conditions organiques devaient être recherchées dans l'état du système nerveux, qui est, en effet, l'appareil organique qui sert constamment d'intermédiaire à toutes les réactions qui se passent entre les liquides et les solides de l'organisme.

Le premier volume de ces leçons se trouve plus spécialement consacré à l'étude du sang. Parmi les différentes propriétés physico-chimiques de ce liquide, nous nous sommes arrêté d'abord à l'étude de sa température, et nous avons donné à ce sujet un grand nombre d'obser-servations nouvelles qui établissent que, dans les circonstances ordinaires, la chaleur du sang procède particulièrement du système digestif et non du système pulmonaire. Nous avons prouvé également, par des expériences multipliées, que le système nerveux sympathique exerce l'influence la plus remarquable sur la température du sang, et, par suite, sur celle des tissus qu'il baigne.

Relativement aux conditions purement mécaniques de la circulation, nous avons insisté sur une distinction qui nous a paru essentielle à faire, entre la pression cardiaque intermittente et la pression artérielle constante. En outre, nous avons, à l'aide d'un instrument

hémométrique nouveau, destiné à mesurer simultanément la pression du sang dans deux organes, pu établir nettement la différence réelle de la pression dans les artères suivant leur plus ou moins grand éloignement du cœur; nous avons encore démontré que les conditions de pression peuvent instantanément changer dans un organe lorsqu'on vient à paralyser ou à exciter son système nerveux sympathique.

Passant aux propriétés physiques du sang, nous avons montré par un grand nombre d'observations que la coloration du sang veineux n'avait pas la fixité et l'importance qu'on lui avait attribuées; que cette couleur pouvait offrir les plus grandes variétés dans certaines conditions. Restant toujours fidèle à notre point de vue, nous avons encore ici étudié l'influence du système nerveux, et nous avons établi que les nerfs peuvent instantanément changer la couleur du sang veineux et le faire apparaître dans un même organe, alternativement noir ou rutilant, suivant que le système nerveux sympathique de cet organe est excité ou paralysé, etc.

Après l'étude des propriétés physique du sang, nous avons abordé l'examen de sa composition et de quelques-uns des phénomènes chimiques dont il est le siége. Nous avons insisté plus particulièrement sur celles des propriétés chimiques qui pouvaient intéresser le physiologiste: nous avons fait voir, par exemple, que l'oxyde de carbone exerce sur le sang une action telle qu'il déplace l'oxygène et se substitue à lui. Cette propriété, qui déjà nous avait servi à expliquer le mécanisme des effets toxiques de l'oxyde de carbone, nous a ici donné un

moyen de déplacer l'oxygène du sang dans des cas physiologiques où il était nécessaire d'en déterminer la quantité. A propos des phénomènes chimiques qui s'accomplissent dans le sang, nous avons insisté sur ce résultat que certaines réactions de la chimie minérale se trouvent empêchées par la composition même du liquide sanguin, tandis qu'il est d'autres réactions, telles que les fermentations, qui, loin d'être empêchées, semblent, au contraire, favorisées par la constitution même du fluide sanguin chez l'animal vivant. Nous avons, à ce sujet, exposé quelques vues d'après lesquelles on pourrait comprendre les différents changements morbides du sang. Nous avons fait voir que le système nerveux peut être une cause directe d'altération du sang en déterminant primitivement par son influence sur les tissus organiques des modifications qui engendrent dans le sang des éléments septiques, etc.

Le second volume de ces leçons a été consacré à l'examen des différents liquides qui dérivent du sang, à titre de sécrétion ou d'excrétion, et nous avons, à ce propos, montré que le caractère le plus général qui puisse servir à les différencier est la réaction fixe des uns, et la réaction variable des autres. L'urine, le lait, la bile, la sueur, etc., sont les liquides qui nous ont offert le plus d'intérêt. Nous avons émis plusieurs considérations nouvelles sur les variations de composition de l'urine, en rapport avec l'état de l'alimentation, et particulièrement sur l'urine de l'abstinence. Le lait nous a fourni des observations intéressantes au point de vue du mécanisme de la formation des produits sécrétés.

Mais c'est surtout par des expériences instituées sur la glande sous-maxillaire du chien que nous avons cherché à élucider le mécanisme des sécrétions et à déterminer plus spécialement l'intervention du système nerveux dans ces phénomènes, qui sont, sans contredit, placés au monbre des plus importants de la physiologie.

Le premier fait sur lequel nous avons insisté, à propos de la formation des fluides organiques, c'est que les substances caractéristiques des liquides excrétés se rencontrent dans le sang et s'y accumulent lorsque les organes excréteurs sont enlevés, tandis que les produits caractéristiques des sécrétions n'existent pas dans le sang et se produisent sur place avec les propriétés spéciales que leur donne chaque organe sécréteur.

Ces différences primordiales étant établies, les conditions de séparation ou d'expulsion des liquides deviennent ensuite communes aux organes sécréteurs et aux organes excréteurs, en ce sens que ce sont des changements dans la circulation capillaire de l'organe qui produisent la filtration élective des éléments communs du sang, qui servent de dissolvant aux produits sécrétés. Nous pensons avoir prouvé, d'une manière incontestable, que c'est le système nerveux qui détermine et règle, par son influence motrice sur la circulation capillaire, tous les phénomènes chimiques des sécrétions, phénomènes chimiques qui dérivent ensuite de là comme des résultats nécessaires des contacts nouveaux qui ont été déterminés entre les principes du sang et les éléments histologiques des différents tissus organiques. De toutes ces expériences très multipliées, il nous a semblé

ressortir cette vue générale que l'action intime du système nerveux est une, quelque variées que soient les manifestations des actes auxquels il préside.

Nous avons montré que ces influences chimiques des nerfs sont antagonistes dans les organes sécréteurs, c'est-à-dire que certains nerfs, par leur action, diminuent l'intensité de la circulation et président à l'élaboration organique en retenant plus longtemps le sang en contact avec les tissus, tandis que d'autres nerfs glandulaires président à l'expulsion sécrétoire, en activant la circulation et en augmentant considérablement la quantité de sang qui passe dans l'organe.

Ces derniers faits, qui sont susceptibles de démonstration expérimentale extrêmement nette, prouvent qu'indépendamment des conditions de la *circulation générale* sur laquelle ont jusqu'ici porté spécialement les expériences des physiologistes, il reste encore à étudier toutes les *circulations locales* ou *organiques* qui, par leur liaison avec le système nerveux, peuvent rendre les organes physiologiquement et pathologiquement indépendants les uns des autres, en même temps qu'ils se trouvent cependant reliés à l'ensemble par les conditions de la grande circulation.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir traité complétement le sujet des circulations locales, pas plus qu'un grand nombre d'autres que nous avons précédemment énumérés ; il nous suffit d'en avoir posé les questions et d'avoir donné quelques expériences qui serviront de point de départ à ces études.

Plusieurs des résultats nouveaux qu'on trouvera con-

signés ici, ont été découverts pendant le cours de ces leçons, et nous les avons donnés comme ils se sont présentés à nous, en indiquant à nos auditeurs comment nous étions arrivés à les constater. Nous considérons que cette manière de montrer la science en quelque sorte en négligé et sans apparat, est l'enseignement le plus fructueux qu'on puisse donner : cette exposition nue de la méthode d'investigation, avec ses tâtonnements et ses incertitudes, donne des recherches scientifiques une idée beaucoup plus juste que l'exposé d'une découverte qui a été complétée par une longue élaboration.

La manière de faire qui caractérise ici notre enseignement a d'ailleurs été suivie à d'autres époques par d'autres expérimentateurs. Priestley la signale comme étant moins brillante pour l'auteur, ayant même pour lui des inconvénients, mais aussi offrant de très grands avantages au point de vue des progrès de la science. Voici, en effet, ce que dit ce grand physicien, voulant s'excuser de donner au public ses expériences sur les gaz sans chercher à en tirer un corps de doctrine :

« Dans cet ouvrage, dit-il (1), ainsi que dans tous nos autres écrits sur la physique, je me suis fait une loi de ne point cacher les vues réelles dans lesquelles j'ai fait mes expériences; j'aurais pu sans doute, en suivant une maxime contraire, acquérir une plus grande réputation de sagacité, mais je pense que la méthode que j'ai adoptée remplit deux objets excellents : elle tend à

(1) Priestley, *Expériences et observations sur différentes espèces d'air.*

rendre une suite d'expériences plus intéressante, et elle encourage en même temps les autres cultivateurs de la physique expérimentale, en leur faisant voir que c'est même en poursuivant de fausses lueurs qu'on peut découvrir des vérités importantes, et qu'il n'est pas rare de trouver une chose tandis qu'on en cherche une autre. »

Dans un autre endroit, Priestley, faisant allusion aux hommes qui, au contraire, cachant leur méthode d'investigation, embellissent et parent en quelque sorte leurs recherches avant de les montrer aux yeux du public, ajoute :

« Il est des hommes qui, pour acquérir un peu plus de réputation, s'arrêtent à couver pour ainsi dire un fait nouveau qu'ils n'avaient peut-être pas eu beaucoup de mérite à découvrir, jusqu'à ce qu'ils croient pouvoir étonner le monde par un système aussi complet que neuf, et donner au genre humain une idée prodigieuse de leur jugement et de leur pénétration . . . . .

. . . .

Quant à moi, continue-t-il, je trouve absolument impossible de produire sur le sujet que je traite un ouvrage qui ne laisse rien à désirer..... »

Les réflexions de Priestley sont d'autant plus intéressantes qu'elles sont toutes parfaitement applicables aujourd'hui à la physiologie, comme elles l'étaient à ce qu'il paraît de son temps à la physique et à la chimie.

Il faut, en effet, montrer aux autres la science telle qu'elle est et sans fard, car la première condition pour faire des progrès, c'est d'avoir la conscience exacte de

l'état de la science qu'on cultive. Aujourd'hui la physiologie n'a aucune possibilité de se constituer comme science faite, il lui manque encore trop d'éléments inconnus; il suffit de chercher pour voir combien il reste encore de choses à découvrir, et on peut dire que nous sentons d'autant plus notre ignorance, que nous pénétrons plus avant dans l'étude des phénomènes. Priestley a encore admirablement dépeint ce sentiment :

« En perfectionnant une découverte, nous ne manquons jamais d'acquérir une connaissance imparfaite de plusieurs autres dont nous n'avions auparavant aucune idée. De sorte que nous ne saurions lever un doute sans en faire naître plusieurs nouveaux. »

Mais, en s'étendant ainsi, la science devra finir plus tard par se simplifier. Seulement il faut être bien convaincu que cette simplification, qui est tant à désirer pour les sciences biologiques en général et pour la physiologie en particulier, ne sera jamais effectuée par cela seul qu'on fera de grands efforts de généralisation ; car toute généralisation sera prématurée, tant qu'elle ne se fera pas naturellement par la comparaison des faits acquis. Cette réduction de la science ne peut arriver que par les recherches d'investigations qui peu à à peu ou soudainement, dans un moment donné, nous dévoileront des phénomènes encore ignorés, qui illumineront la science entière et permettront de la considérer dans son ensemble. Mais comme jusqu'ici nous n'entrevoyons rien de semblable, nous n'avons qu'une chose à faire, c'est de continuer à chercher.

C'est donc par suite de cette croyance que les prin-

cipes généraux de la physiologie ne pourront se découvrir qu'en portant l'investigation encore plus loin, que j'ai, dans la série de mes cours publiés depuis 1854, constamment cherché à diriger cet enseignement dans la voie de l'investigation. Je me suis attaché autant que je l'ai pu à montrer par l'exemple qu'il y avait encore beaucoup à découvrir en physiologie, en signalant en même temps les voies où je croyais les recherches les plus fructueuses pour la science.

J'ai vu sans doute avec satisfaction un grand nombre de travaux apparaître sur les questions que j'avais soulevées, mais la solution de ces questions n'en a pas été autant avancée que je l'aurais d'abord supposé. En effet, l'expérience n'a pas tardé à m'apprendre qu'il y a souvent dans l'esprit des physiologistes une tendance qui les porte plutôt à chercher à critiquer et à trouver en défaut ceux qui les ont précédés dans une voie de recherches, qu'à ajouter à leurs travaux dans l'intérêt pur de la vérité scientifique. Cela m'a d'abord désagréablement impressionné; mais, en y réfléchissant, j'ai bientôt pu voir qu'il n'y avait pas lieu d'en être surpris, et que c'était là en quelque sorte une manifestation toute physiologique qui tenait à la nature de l'esprit humain. En effet, cette tendance à la contradiction a existé dans toutes les sciences, et d'autant plus que les sciences ont été moins faites, parce qu'alors elles étaient dans une époque où l'imperfection de l'expérimentation empêchait de distinguer de suite les bons des mauvais expérimentateurs, et où l'absence de principes bien établis permettait à chacun d'admettre une opinion

personnelle, sans pouvoir être taxé *à priori* d'absurdité, ni d'ignorance.

Si aujourd'hui, dans les sciences expérimentales plus avancées, telles que la physique et la chimie, on voit en général chaque travail ajouter à un précédent, et si on ne constate pas cette tendance perpétuelle à la controverse et à l'opposition, comme cela a lieu parmi les physiologistes et les médecins, c'est que maintenant les physiciens et les chimistes aperçoivent clairement, sinon en totalité, du moins en partie, les principes de leur science autour desquels se rallient tous les travaux, tandis que les physiologistes et les médecins, privés de principes, n'aperçoivent guère que leurs opinions personnelles, qui tout naturellement s'opposent les unes aux autres.

C'est donc là une conséquence à laquelle il faut se résigner quand on a la conscience de son devoir envers la science. Il faut que l'éducation scientifique des générations se fasse en même temps que l'évolution scientifique s'accomplit. Ce qui existe aujourd'hui en physiologie a aussi existé dans un autre temps en physique et en chimie. Nous voyons en effet Priestley se plaindre de ce que l'expérimentateur, qui se dévouait au progrès de la science, s'exposait à trouver peu d'indulgence de la part de ceux qui le suivaient dans ses travaux.

« J'observerai, dit-il, de plus, qu'une personne dont le dessein est de servir effectivement la cause des sciences, doit hasarder sa propre réputation jusqu'à risquer même des bévues dans les choses de peu de consé-

notions déjà acquises à la science sur les sujets que nous traitons. Nous devons surtout faire nos efforts pour agrandir le champ de nos connaissances, soit en réalisant des découvertes, soit en abordant de préférence les questions obscures et indécises, afin d'élucider ou de vérifier les faits qui s'y rattachent. En un mot, nous avons à faire ici, non pas des leçons de simple exposition, dans lesquelles l'esprit de l'auditeur reste toujours jusqu'à un certain point passif devant des résultats scientifiques établis; mais, au contraire, des leçons de recherches et d'investigations, dans lesquelles l'esprit de l'auditeur, s'associant à celui du professeur, poursuivent de concert la solution d'un problème qui les préoccupe tous deux.

Dans ces conditions, les généralités d'une leçon d'ouverture sont toujours une introduction fort utile, parce qu'elles ont pour avantage, en nous plaçant de suite à un point de vue commun, de nous permettre de suivre et d'apprécier, dans une même idée philosophique, toutes les questions de détail qui se présenteront ultérieurement à nous dans le cours de nos recherches.

Aujourd'hui les sciences biologiques n'en sont plus à chercher leur voie. La méthode expérimentale y est définitivement installée comme dans les autres sciences. C'est à notre siècle qu'appartient la gloire de ce résultat, et le nom de mon illustre maître, mon prédécesseur dans cette chaire, restera attaché à cet avénement définitif de la méthode expérimentale dans les sciences physiologiques.

Toutefois, plusieurs raisons empêchent cette méthode

de rendre actuellement au physiologiste tous les services qu'il doit en attendre. D'abord ses moyens sont encore fort limités; elle s'applique à des phénomènes très complexes; et ce qui la complique surtout, c'est qu'elle est très souvent employée par des hommes qui n'y sont nullement préparés.

Ce qui doit donc préoccuper aujourd'hui le physiologiste, ce n'est plus l'introduction de l'expérimentation dans les habitudes scientifiques; c'est là un fait accompli. C'est à appliquer convenablement la méthode et à en fixer les règles qu'il doit s'attacher. Dans cette leçon, je vous parlerai des perfectionnements actuels de l'expérimentation en physiologie.

Mais avant, et parce que j'ai quelquefois lu ou entendu des définitions de la méthode expérimentale fausses ou trop exclusives, je tiens à vous dire quelques mots sur la manière dont, suivant moi, il faut comprendre cette méthode.

La *méthode expérimentale* n'est, en définitive, que la logique appliquée à la coordination des phénomènes de la nature pour en découvrir les lois. Elle a sous ce rapport des principes généraux qui sont communs à toutes les sciences. Mais, ainsi que nous le verrons, il est nécessaire, dans l'application de cette méthode à la science des êtres vivants, de tenir compte de quelques indications spéciales très importantes.

La méthode expérimentale doit, dans tous les cas, s'appliquer à une série de constatations de faits donnés par la nature (observation proprement dite) ou de faits provoqués (expérimentation). Puis ces observations doivent être

conduites logiquement en vue de servir de *vérification* à une hypothèse ou idée préconçue. Je dis qu'il faut chercher la vérification et non la preuve de son idée, parce que, dans le premier cas seulement, l'expérimentateur se trouve dans une disposition favorable pour bien voir, quand il est décidé d'avance à accepter tous les résultats de l'expérience, qu'ils soient favorables ou contraires à l'hypothèse qui lui a servi de point de départ, ou bien même alors qu'ils n'auraient avec elle aucun rapport. Si, au contraire, il a pour préoccupation unique de chercher des arguments propres à justifier son opnion ou à renverser celle d'un autre, son esprit s'attachant exclusivement aux faits dont il désire la réalisation, se trouve, comme nous l'avons dit ailleurs (1), prédisposé à subir l'empire d'une idée fixe qui lui fait exagérer ce qui se rapporte à l'objet qu'il poursuit en négligeant tout le reste. Mais outre qu'un pareil procédé est incapable de conduire à une appréciation exacte des faits, il a encore l'inconvénient grave d'enlever à celui qui l'emploie la chance heureuse, et fréquente dans les sciences aussi peu avancées que la physiologie, de faire des découvertes imprévues en poursuivant autre chose.

Suivant moi, l'expérimentation doit donc non-seulement avoir pour objet d'aller à la vérification d'idées basées sur des faits antérieurement acquis, mais en même temps elle doit aussi, pour être entière et féconde, chercher à conquérir des idées nouvelles qui surgiront naturellement des faits imprévus que présentent toujours les expériences instituées. La vérification seule d'une idée pré-

(1) *Leçons sur la physiol. et la path. du syst. nerv.* (1857), 1re leçon.

conçue neconduit en général qu'à la confirmation ou à l'extension d'une théorie connue, tandis que l'apparition d'un fait imprévu constitue la découverte par excellence, parce qu'il en résulte toujours une notion nouvelle, qui, à son tour, engendrera de nouvelles expériences. Il est impossible, en effet, de former une hypothèse quelconque qui appelle la vérification expérimentale, si préalablement on n'a pas un fait qui serve de base à cette hypothèse.

Si l'on donnait, par exemple, à un physiologiste, une substance toxique sur l'origine et la nature de laquelle il n'aurait aucun renseignement, il lui serait impossible d'avoir un point de départ rationnel pour concevoir une hypothèse probable. Alors ce physiologiste ferait une première expérience, en quelque sorte à tout hasard (*expérience pour voir*), afin que le résultat obtenu, quel qu'il soit, donne à l'esprit un premier jalon pour établir l'hypothèse qui appellera à sa vérification de nouvelles expériences, et ainsi de suite.

En résumé, sans vouloir entrer ici dans des développements qui ont eu leur place ailleurs (tome Ier, 1855), je désire seulement vous rappeler que dans l'expérimentation, surtout quand les sciences sont très peu avancées, comme c'est le cas pour la physiologie, le côté imprévu est toujours plus fécond que le côté prévu, parce que la contemplation des phénomènes naturels est plus instructive que l'idée que nous nous en faisons. Conséquemment, ce qu'il y a de mieux à faire c'est, dans tous les cas, de regarder d'abord ce qui est; la question de savoir ensuite si nos prévisions sont infirmées ou confirmées est tout à fait secondaire au point de vue de la vérité

que nous cherchons. Mais je me hate, après cette digression, d'arriver à l'expérimentation dont je dois plus spécialement vous entretenir.

L'*expérimentation* est l'art de provoquer l'apparition des phénomènes par des moyens appropriés, dans des conditions choisies et déterminés par le but qu'on se propose. Elle doit modifier ses procédés et quelquefois même son point de vue, suivant la nature des sciences auxquelles elle s'applique. Je veux vous prouver aujourd'hui que les conditions de l'expérimentation doivent être envisagées différemment, suivant que l'on expérimente sur des êtres vivants ou sur des corps bruts. Selon moi, toute l'exactitude de l'expérimentation physiologique et la certitude de la critique expérimentale reposent sur cette considération fondamentale.

Tout le monde comprend l'importance qu'il y a à perfectionner l'art de l'expérimentation, et cette pensée est actuellement la préoccupation spéciale des physiologistes et des médecins. On introduit partout dans l'appréciation des phénomènes de la vie le poids et la mesure. Chacun sent le prix qui doit être attaché à une expérimentation rigoureuse; parce que, tant qu'on n'y aura pas atteint, il restera impossible de comparer les faits, d'en déduire les lois, et partant de constituer la science physiologique.

C'est la conscience de ce besoin d'exactitude qui fait que dans tous les travaux qui paraissent, chaque expérimentateur cherche à être plus précis que ses devanciers; et que tous les jours on invente des procédés nouveaux ou des instruments plus parfaits destinés à mesurer des

phénomènes qui jusqu'alors avaient échappé plus ou moins à l'observation des scrutateurs de la nature.

Je n'entreprendrai pas, Messieurs, de vous énumérer ici tous les moyens de recherches que le physiologiste et le médecin empruntent à la physique et à la chimie. Il suffit de constater sous ce rapport la réalisation d'un grand progrès qui tous les jours tend à s'accroître. Ce progrès consiste dans l'acquisition d'une foule d'instruments des plus exacts et de moyens d'investigation de toute sorte qui s'appliquent avec rigueur à la détermination et à la mesure des phénomènes en observation. Tout cela doit constituer, en effet, la première condition indispensable à l'accomplissement d'une expérience exacte.

Mais pour obtenir un bon résultat expérimental, il ne suffit pas encore d'avoir de bons instruments, il faut de plus pouvoir et savoir s'en servir utilement. Pour cela il faut faire en sorte de se placer toujours dans des conditions expérimentales identiques, et par conséquent comparables entre elles.

Pour réaliser cette deuxième condition de l'expérience, les physiologistes font une chose qui paraît bien simple; ils imitent les physiciens et les chimistes dans l'application des instruments qu'ils leur empruntent. A l'aide du baromètre, du thermomètre, etc., ils peuvent se placer dans des conditions déterminées de pression, de température, etc.; puis, comme le poids des divers animaux diffère, ils ramènent à une unité commune, le kilogramme, tous les résultats physiologiques obtenus. C'est là le procédé généralement employé aujourd'hui pour rendre les animaux comparables; et dans les tra-

vaux bien faits qui paraissent chaque jour sur la respiration, la digestion, les sécrétions, par exemple, on évalue toujours chaque phénomène en le rapportant au kilogramme d'animal.

Dans ce perfectionnement successif de l'art expérimental il y a eu évolution scientifique naturelle et tout à fait logique : l'expérimentation s'est d'abord introduite et perfectionnée dans les sciences physico-chimiques, où la complexité des phénomènes est moins grande. Plus tard, après une longue série de tentatives infructueuses, cette expérimentation a fini par entrer définitivement dans les sciences biologiques beaucoup plus complexes. Depuis lors, les physiologistes mettent avec raison tous leurs soins à se rapprocher de leurs aînés dans la carrière expérimentale, les physiciens et les chimistes dont ils ont emprunté les instruments et les procédés. Grâce à ces efforts, il faut reconnaître qu'aujourd'hui l'expérimentation physiologique est assez perfectionnée sur quelques points pour donner des résultats d'une grande délicatesse, obtenus dans des conditions d'expérimentation tout à fait irréprochables au point de vue physique, chimique, mécanique ou instrumental.

Mais ici vient se poser cette question importante selon moi : Pour qu'une expérience physiologique soit bonne, suffit-il qu'elle soit irréprochable au point de vue physico-chimique extérieur ou purement instrumental ?

Certainement non ; car ces conditions d'extériorité, qui importent tant au physicien et au chimiste, sont d'une importance relativement faible pour le physiologiste. Ce sont les conditions vitales intérieures de

l'animal en expérience le plus ordinairement négligées par le physicien, qui doivent être placées au premier rang dans toute expérience physiologique. Cela se conçoit fort bien d'ailleurs lorsqu'on envisage le caractère distinctif fondamental qui sépare les êtres vivants des corps bruts.

En effet, un corps brut, n'a en lui aucune spontanéité; toutes les modifications qu'il peut éprouver ne viendront que des circonstances qui lui sont extérieures, et on conçoit qu'en en tenant compte exactement, on soit sûr d'avoir toutes les conditions expérimentales qui sont nécessaires à la conception de l'expérience.

Dans les corps vivants, au contraire, il y a une évolution organique spontanée qui, bien qu'elle ait besoin du milieu ambiant pour se manifester, en est cependant indépendante dans sa marche. Ce qui le prouve, c'est qu'on voit un être vivant naître, se développer, devenir malade et mourir sans que cependant les conditions du monde extérieur changent pour l'observateur, et réciproquement. L'enfant et le vieillard, l'homme sain et l'homme malade ne sont-ils pas soumis à la même pression barométrique? Ne respirent-ils pas le même air? Ne sont-ils pas réchauffés par le même soleil et refroidis par le même hiver?

Cette sorte d'indépendance que possède l'organisme dans le milieu extérieur vient de ce que, chez l'être vivant, les tissus sont en réalité soustraits aux influences extérieures directes et qu'ils sont protégés par un véritable milieu intérieur qui est surtout constitué par les liquides qui circulent dans le corps. Cette indépendance

devient d'ailleurs d'autant plus grande que l'être est plus élevé dans l'échelle de l'organisation, c'est-à-dire qu'il possède un milieu intérieur plus complétement protecteur. Chez les végétaux et chez les animaux inférieurs, ces conditions d'indépendance diminuent d'intensité et créent des rapports plus directs entre l'organisme et le milieu ambiant. Dans les vertébrés à sang froid, nous voyons encore le milieu extérieur avoir une grande influence sur l'aspect des phénomènes; mais chez l'homme et les animaux à sang chaud, l'indépendance du milieu extérieur et du milieu interne est telle, qu'on peut considérer ces êtres comme vivant dans un milieu organique propre. Nous n'avons pas encore pu pénétrer avec nos instruments dans ce milieu intérieur de l'être vivant, mais son influence est très grande. Nous désignerons pour le moment cette activité vitale spontanée sous le nom de *conditions organiques* ou *physiologiques*.

Or, je dis que, lorsqu'il s'agira d'instituer une expérience sur un être vivant, il ne suffira pas, comme le fait le chimiste ou le physicien, de rendre identiques les conditions physico-chimiques extérieures et instrumentales de l'expérience; on devra de plus, et surtout, rendre comparables les conditions organiques ou physiologiques intérieures qui sont propres à l'être vivant sur lequel porte l'observation. Il y a là, comme on le voit, deux ordres de considération bien distinctes, et c'est ce qui rend les expériences physiologiques beaucoup plus difficiles et beaucoup plus complexes que les expériences de physique ou de chimie pure.

Il faut introduire actuellement dans la méthode expé-

rimentale appliquée à la physiologie les conditions organiques au premier rang comme pierre angulaire de toute l'expérimentation; sans elles, je crois, il serait impossible d'atteindre jamais à cette rigueur si désirable et tant recherchée par les physiologistes.

Parmi les conditions organiques, celles qui sont plus facilement appréciables sont celles relatives à l'âge, au poids, au sexe, à l'espèce de l'animal, etc. Je n'énumérerai pas toutes les conditions physiologiques qui sont à considérer; je choisirai quelques exemples pour vous indiquer dans quel esprit cette identité physiologique doit être comprise.

On ne pourrait jamais expérimenter en physiologie s'il était nécessaire pour cela de rendre deux animaux absolument comparables à tous les points de vue. L'art du physiologiste expérimentateur devra consister à rendre les êtres comparables, surtout en ce qui concerne les états organiques sur lesquels il fait porter son expérimentation. Tantôt il pourra sortir de l'espèce animale, s'il veut étudier des propriétés physiologiques suffisamment générales; tantôt, au contraire, lorsqu'il étudiera les mécanismes spéciaux de certaines fonctions, il devra absolument faire porter l'observation sur des individus de même espèce, même âge ou de même sexe, etc.

Il faut donc savoir réaliser l'identité physiologique en rapport avec les recherches que l'on fait. Car deux animaux de même espèce, même taille, même poids, même âge, même sexe, même couleur, peuvent cependant se trouver dans des conditions physiologiques non identiques, relativement à la question qu'on étudie. Je vais vous

citer un exemple qui vous fera mieux saisir ma pensée :

Il y a environ dix ou douze ans, voulant faire des expériences sur des animaux aussi comparables que possible, j'avais fait apporter du marché une portée de lapins exactement du même âge et qui étaient tous sensiblement de la même taille et de la même couleur. A cette époque j'étudiais les modifications qu'éprouve l'urine par le passage de certaines substances injectées dans le sang ; je commençai donc par examiner l'urine sur mes différents lapins identiques. Or, je trouvai que chez les uns les urines étaient claires, acides, contenant beaucoup d'urée, tandis que chez d'autres elles étaient troubles, alcalines, contenant beaucoup de carbonates ; enfin, chez d'autres lapins, je trouvai les urines neutres, avec ou sans opalinité. Il ressortait évidemment de là que l'identité des urines devait être cherchée dans des conditions physiologiques autres que celles de la taille, de l'âge, etc., de l'animal. C'est en effet dans l'alimentation et les périodes de la nutrition qu'il fallait placer ces conditions d'identité physiologique. Or, mes lapins, qui se ressemblaient parfaitement d'ailleurs à l'extérieur, étaient, les uns à jeun, d'autres en pleine digestion, d'autres à la fin de la digestion.

C'est à la suite de cette observation que je fis de nouvelles expériences qui me démontrèrent que toutes les variétés si grandes qu'on observe dans les urines des animaux herbivores, carnivores et omnivores peuvent être ramenées à des conditions semblables. Chez les animaux à jeun, les urines sont comparables, parce qu'ils sont alors tous à la même alimentation ; ils se nourrissent

de leur propre substance. Là est donc l'état normal ou physiologique d'où il faut partir. Et pour ne pas sortir de l'exemple que je cite, il est clair que si l'on veut trouver la loi des variations que les influences alimentaires ou autres apportent dans la constitution des urines, il faudra les rapporter à l'urine normale physiologiquement. Or, par urine normale nous désignerons non pas seulement l'urine d'un individu sain, mais celle d'un individu à jeun, et conséquemment soumis à des conditions physiologiques de nutrition aussi identiques que possible.

Si l'on négligeait de remplir ces conditions d'identité physiologique on aurait beau perfectionner les méthodes chimiques analytiques, trouver des procédés de mesure d'une plus grande sensibilité; toute cette rigueur chimique deviendrait inutile si la condition organique propre au phénomène que l'on observe était restée indéterminée. Et n'est-ce pas là, en effet, l'état dans lequel nous sommes? Nous possédons un grand nombre d'analyses d'urines qui ne nous ont que peu appris sur la loi des variations de composition de ce liquide parce qu'on n'a pas eu pour point de départ un état physiologique bien déterminé. Cependant, je pense que c'est plutôt par la saine appréciation des conditions physiologiques des expériences que par le perfectionnement exclusif de sa partie chimique qu'on atteindra le but. C'est pour cela que j'insiste pour que le physiologiste prenne avant tout le soin de rendre les conditions physiologiques comparables.

Je vais actuellement, Messieurs, choisir un autre exemple et appeler votre attention d'une manière toute spéciale sur une condition phisiologique peu connue et à

peine mentionnée par les physiologistes, mais qui n'en est pas moins de la plus haute importance : je veux parler du degré d'énergie vitale que possède l'organisme animal sur lequel on expérimente. Nous n'avons malheureusement pas d'instrument pour mesurer cet état, et nous ne pouvons l'apprécier qu'en disant que l'animal est plus ou moins vigoureux. Or, il faut savoir qu'il existe une très grande différence, au point de vue de l'expérimentation physiologique, entre un animal vigoureux et un animal affaibli ou languissant. Cette différence est telle que certaines propriétés physiologiques perdent non-seulement de leur intensité dans ces circonstances, mais qu'elles disparaissent complétement pour l'observateur. Cette condition du degré de vitalité de l'animal sur lequel on opère est d'autant plus importante à mettre ici en relief que très souvent, le plus ordinairement même, on sacrifie pour les expériences physiologiques des animaux malades et qui sont destinés à être abattus. C'est le cas des expériences qui se font généralement dans les écoles vétérinaires et dans les équarissoirs, où l'on opère souvent sur de vieux chevaux usés par la fatigue et les maladies. L'affaiblissement organique de l'animal peut tenir, en effet, à des causes très variées : à des maladies, à l'abstinence prolongée, à l'emploi de procédés d'expérimentation qui produisent de trop grandes mutilations, etc. Les animaux présentent d'ailleurs aussi, suivant l'espèce, la race, etc., des susceptibilités variées et des résistances individuelles à l'affaiblissement très diverses.

Les phénomènes du système nerveux sont ceux qui peuvent le plus varier sous l'influence de ces causes

perturbatrices ou débilitantes. Il en résulte dans les organismes lésés, où cette influence est plus considérable, un retentissement qui imprime des modifications variées à un certain nombre de phénomènes. Tous ceux qui ont fait des expériences sur les nerfs et sur les muscles, même chez les grenouilles savent combien il est difficile de trouver des nerfs et des muscles comparables, et cela en raison de la vitalité plus ou moins grande des animaux chez lesquels on a pris ces organes. Nous vous avons montré dans le cours de l'année dernière, à propos de la sensibilité recurrente, que les résultats contradictoires qui avaient été obtenus s'expliquent facilement, quand on sait que sur des animaux fatigués par l'opération, cette propriété nerveuse manque, et qu'elle est l'apanage exclusif des organismes vigoureux. D'où il faut conclure que la condition organique de la sensibilité recurrente est la vigueur de l'animal ; cette propriété disparaît toutes les fois que l'organisme est affaibli, soit par un état antérieur, soit par le fait même de l'opération. On comprend dès lors de quelle importance il est de recourir, dans ce cas particulier, à un procédé opératoire qui cause peu de délabrements.

Mais ce n'est pas seulement sur les phénomènes nerveux de sensibilité, en apparence plus fugitifs, que cette influence du degré de vitalité de l'animal dont nous venons de parler peut faire sentir son influence. Elle s'étend aussi, comme vous allez le voir par l'exemple suivant, à des phénomènes d'un ordre tout différent et qui, au lieu d'altérer les fonctions de la vie de relation, modifient les phénomènes chimiques de la vie de nutrition.

Nous vous avons montré, dans le cours des années précédentes, qu'il se produit dans le foie, à l'état physiologique, une matière glycogène, véritable amidon animal, qui se change ensuite en matière sucrée et est, à cet état, déversée dans le torrent circulatoire. Cette substance est très facile à trouver et à montrer dans le tissu du foie. Mais il ne faudrait pas croire qu'il suffit pour cela de prendre indifféremment le foie d'animaux quelconques, pourvu qu'ils soient dans les mêmes conditions d'alimentation, etc. Il faut encore que l'animal soit vigoureux pour que les fonctions nutritives soient dans leur intégrité. Dès que l'animal est affaibli, languissant, lors même qu'il mange, comme cela se voit chez les chevaux malades, la fonction glycogénique du foie s'affaiblit et cesse complétement. Ce changement peut quelquefois s'observer après quelques heures, lorsque l'animal devient malade subitement. Souvent cette espèce de trouble dans les phénomènes de la nutrition est signalé à l'expérimentateur par l'inappétence des animaux; mais il peut en être autrement : c'est ce qui arrive aux chevaux et aux ruminants, qui continuent souvent à manger quoiqu'ils ne soient plus dans un état physiologique.

Voici deux foies de lapins qui se ressemblent parfaitement; ils ont été traités de la même manière : tous deux appartiennent à des animaux sacrifiés pendant la digestion, et cependant leur décoction présente les différences les plus grandes. Tandis que l'une est fortement opaline, l'autre est parfaitement claire. L'une contient la matière amylacée glycogène, l'autre n'en renferme pas. La différence physiologique tient ici à ce que le

second foie provient d'un lapin rendu malade et affaibli par une asphyxie lente.

Ici encore, comme vous le voyez, la contradiction expérimentale doit être expliquée, non par les conditions des procédés physiques ou chimiques employés, mais par une différence essentiellement physiologique appartenant à l'animal.

Nous ajouterons que dans ces cas d'abaissement de l'énergie physiologique, où manque la matière glycogène, il est impossible aussi de réussir à rendre les animaux artificiellement diabétiques.

Ce trouble de l'organisme que nous signalons ne doit pas être confondu avec l'état morbide, parce qu'il n'est lié à aucun trouble pathologique classé dans les cadres nosologiques et qu'il constitue le plus souvent une modification passagère. Par opposition il peut arriver que certaines lésions pathologiques localisées n'empêchent pas l'organisme de présenter sa vigueur physiologique : c'est ce que j'ai souvent eu l'occasion d'observer, et j'ai vu dernièrement un chien qui portait des tumeurs cancéreuses dans le foie et dans le poumon, sans être pour cela dans cet affaissement général qui fait disparaître la sensibilité récurrente ou s'oppose à la formation de la matière glycogène du foie.

Je pourrais citer un très grand nombre d'autres exemples analogues, mais vous comprenez déjà suffisamment que les difficultés les plus grandes qui environnent le physiologiste expérimentateur résident dans la détermination des conditions physiologiques de l'expérience. Vous voyez qu'il n'a pas seulement à tenir compte dans ses ap-

préciations des différences les plus faciles à constater, telles que l'espèce, l'âge, la taille, le sexe, etc.; mais il a encore à considérer les modifications physiologiques latentes qui peuvent survenir dans l'organisme sur lequel il expérimente; soit spontanément et indépendamment de lui, soit souvent aussi par son fait, c'est-à-dire par les mutilations qui sont les conséquences de son manuel opératoire. C'est en raison de toutes ces difficultés que déjà nous avons ailleurs conseillé de faire usage de la méthode des expériences comparatives et contradictoires, méthode qui diminue autant que possible les causes d'erreur, soit qu'elle les annule les unes par les autres, soit qu'elle les rende visibles en les exagérant quand elles n'étaient pas immédiatement sensibles à l'observateur.

Mais, Messieurs, ce n'est pas tout encore : les conditions de cet état de vigueur et d'intégrité vitale qui, résultant d'une parfaite harmonie des états organiques, représente le degré d'énergie physiologique d'un animal, font non-seulement varier ou disparaître certaines propriétés physiologiques, mais elles prédisposent en même temps l'organisme vivant d'une manière toute différente vis-à-vis des agens extérieurs.

Nous avons placé ici comme exemple de ce nouveau genre d'action, un moineau sous une cloche, dans un milieu confiné où il respire depuis quelque temps; il y est déjà très malade par suite de la viciation de l'air, mais il y pourra vivre encore pendant une demi-heure environ. Maintenant nous plaçons sous cette même cloche un autre moineau de même âge, de même sexe, nourri de même, mais qui, très vigoureux, n'a pas été comme

l'autre affaibli par le séjour dans un milieu confiné. Or, vous voyez qu'en introduisant le moineau vigoureux sous la cloche, il y meurt instantanément tandis que l'autre continue à y vivre.

Vous constatez donc, par ce fait singulier, qu'un milieu qui est délétère pour un animal vigoureux ne l'est pas au même degré pour un animal affaibli. Certains poisons semblent agir dans le même sens; les grenouilles ou les mammifères affaiblis et languissants sont, ainsi que nous vous l'avons montré ailleurs, empoisonnés beaucoup plus difficilement par le curare que les animaux vigoureux. Toutefois, on ne saurait généraliser le fait dans le sens unique que nous venons d'indiquer, car il peut arriver que dans d'autres circonstances l'inverse s'observe, et que l'animal affaibli au contraire résiste moins à certains agents que l'animal vigoureux. Mais, dans tous les cas, il ressort de ces expériences ce fait général, que deux organismes entre lesquels on ne peut pas constater de différence relativement à l'espèce, à l'âge, au poids, etc., se trouvent inégalement prédisposés à être affectés par les agents extérieurs selon leur état d'affaiblissement ou d'énergie.

Cette espèce de prédisposition organique que nous constatons ici comme condition physiologique, intéresse au plus haut point la médecine. Il en résulte, en effet, que si l'on doit souvent placer la cause des maladies dans le milieu extérieur, il faut aussi reconnaître que les conditions de production et de développement de ces maladies se rencontrent dans le degré d'énergie vitale actuelle de l'organisme. Sans cela, comment expliquer

que les mêmes causes de maladie, contagieuses ou autres, produisent des effets nuls chez certains sujets et violents chez les autres. Tous les jours ne donne-t-on pas comme cause de diverses maladies l'exposition du corps à des influences extérieures bien déterminées. Cependant tous ceux qui s'exposent à ces mêmes causes de maladie ne sont pas atteints : il n'y a que ceux chez lesquels existe une prédisposition morbide. De même que tout à l'heure, dans notre cloche, le milieu asphyxique n'a agi rapidement que sur l'animal qui se trouvait dans des conditions organiques qui le prédisposaient à en ressentir les effets.

Enfin, la prédisposition de l'organisme, qui se caractérise par une simple modification de l'énergie vitale, peut encore se manifester autrement : elle peut imprimer à une lésion traumatique une terminaison différente de celle qu'elle aurait eue dans une autre condition. Ainsi, pour prendre toujours nos exemples dans des faits physiologiques, nous dirons que la section du nerf grand sympathique donne lieu à des troubles qui se terminent d'une manière bien différente, suivant que l'animal est vigoureux ou qu'il est languissant et affaibli. Dans le premier cas, la section des nerfs amène seulement une vascularisation plus forte et une élévation dans la température de la partie ; puis peu à peu les phénomènes rentrent dans leurs conditions normales. Dans le second cas, lorsque l'animal est préalablement affaibli, à la vascularisation et à l'élévation de température des parties s'ajoute une formation abondante de pus, une inflammation véritable et très vive, qui a son siége dans les

membranes muqueuses du nez, de la bouche, de l'œil, quand on coupe le filet cervical du grand sympathique, et qui donne lieu à des pleurésies et à des péritonites violentes ordinairement mortelle, lorsque c'est la portion thoracique ou la portion abdominale du grand sympathique qui a été lésée.

Nous bornerons là les citations de ces spéciaux que nous pourrions multiplier à l'infini, et nous concluerons que, pour faire une bonne expérience physiologique, il faut, avant tout, bien étudier l'organisme vivant sur lequel on opère, afin de se placer dans des conditions organiques toujours comparables. J'ai voulu seulement aujourd'hui tourner votre pensée vers l'importance et l'indispensable nécessité d'une pareille étude. Il appartiendra maintenant au temps de perfectionner l'expérimentation physiologique et d'apprendre exactement les conditions organiques de chaque expérience en particulier. Cette étude des conditions de l'organisme animal, au point de vue expérimental, est entièrement à faire. Je pense que c'est par cette connaissance exacte de l'être vivant que l'expérimentation physiologique devra en particulier se perfectionner, et qu'elle ne pourra jamais s'en tenir aux seules conditions instrumentales et physico-chimiques de l'expérience, quelque irréprochables qu'on les suppose.

Mais, Messieurs, les considérations que nous venons de vous présenter sur l'état arriéré de l'expérimentation physiologique doivent nous fournir encore un autre genre d'enseignement bien fait pour nous faire désirer son perfectionnement, et pour nous montrer avec quelle

réserve il convient pour le moment de s'avancer dans une science dont les moyens sont encore si imparfaits et entourés de tant de causes d'erreur. Je désire encore vous faire sentir par quelques exemples combien il est nécessaire, pour ne pas tomber dans les interprétations fausses qui se présentent à chaque instant, d'avoir des principes philosophiques bien arrêtés afin de ne pas dévier de la voie qu'ils tracent à nos jugements au milieu des imperfections de nos moyens d'investigation.

Il n'est peut-être pas un expérimentateur auquel il ne soit arrivé, après avoir fait et répété une expérience dans des conditions qu'il a déterminées, de ne plus obtenir dans une nouvelle série d'expériences le résultat qui pour lui résumait ses premières observations. En répétant l'expérience une troisième fois, et après avoir cru prendre toutes les précautions désirables, il pourra même arriver qu'au lieu de retrouver le résultat primitivement obtenu, il en rencontre un autre tout différent. Que faire dans cette situation? Faudra-t-il admettre que les faits se contredisent dans les expériences physiologiques? — Évidemment non, et bien que cela se dise tous les jours, ce n'en n'est pas moins parfaitement absurde. Faut-il alors penser que dans la première série d'expériences on a été trompé par ses sens? — Encore moins. Je dis même qu'on n'a jamais scientifiquement le droit d'en agir ainsi. C'est un moyen qui pourrait paraître commode, mais qui serait éminemment nuisible à la science. Pourquoi d'ailleurs aurait-on été plutôt le jouet de ses sens dans la première série d'observations que dans les autres? Et puis si l'on reconnaît qu'on a des sens

infidèles, il faut renoncer de suite à l'expérimentation; car on vient d'avouer qu'on y est tout à fait impropre.

Qu'y a-t-il donc à faire alors? Attendre pour se prononcer et conclure tout simplement que les conditions de l'expérience qu'on croyait connues ne le sont pas, car si les résultats ont différé dans deux séries d'observations, c'est que certainement ces observations n'étaient pas faites dans les mêmes conditions. Il faut dès lors chercher à connaître ces conditions à l'aide d'expériences nouvelles; on y arrivera toujours tôt ou tard, puisque les faits ne sauraient être opposés les uns aux autres; ils ne peuvent être qu'indéterminés. C'est alors seulement, quand on aura trouvé la raison expérimentale de la contradiction apparente des faits, qu'on pourra mieux déterminer la nature des phénomènes physiologiques qu'on étudie et rectifier, par la connaissance des causes d'erreur, les interprétations erronées tirées d'une première expérience. Mais jamais on ne peut rien nier de ce qu'on a vu et observé; l'erreur absolue de fait n'existe pas dans les sciences d'observation, ou bien elle est volontaire et ne relève plus dès lors d'aucune méthode philosophique ou scientifique.

Les seules erreurs que je doive admettre sont les erreurs d'interprétation dues à notre ignorance, et quant à celles-là, elles sont de tous les jours et peuvent arriver à tout le monde; et même dans certains cas, elles sont à peu près inévitables. Le seul moyen de s'en préserver et de ne pas compromettre sa réputation à ce sujet, c'est, comme disait Fontana, de s'abstenir et de ne rien faire. « Combien peu, dit ce grand physiologiste, nous sommes

sûrs des choses que nous croyons le mieux connaître et sur lesquelles nous avons pris le plus de précautions pour ne pas nous tromper! Je ne sais qu'une classe d'hommes, ajoute-t-il, qui ne se trompe jamais : ce sont ceux qui ne font rien, qui n'observent rien et n'instituent aucune expérience. Tous les autres se trompent et d'autant plus qu'ils feront plus de recherches nouvelles. »

Toutefois ces erreurs d'interprétation deviendront plus légères à mesure que le perfectionnement de l'expérimentation physiologique nous mettra à même de mieux saisir les conditions physiologiques des phénomènes qui se rapportent à une question donnée, et à ce propos il faut reconnaître que le premier expérimentateur a toujours plus d'écueils à éviter que ceux qui, venant après lui, peuvent déjà profiter des enseignements des expériences antérieures. En effet, l'interprétation exacte de la cause d'un phénomène ne peut être rigoureusement appréciée que lorsqu'on voit ce phénomène sous toutes ses faces et qu'on l'embrasse dans son ensemble. Jusqu'à ce moment toutes les interprétations que l'on donne ne peuvent être que provisoires. Mais je le répète, si dans cette évolution scientifique il y a des faits qui semblent varier, ce sont des faits mal connus, mais non en réalité opposés.

Maintenant, Messieurs, vous comprenez sans peine que la ligne de conduite que je viens de vous indiquer, et qu'il convient de suivre dans la discussion de ses propres expériences, doit être suivie aussi lorsqu'on essaie d'apprécier les expériences des autres. Il arrive en effet tous les jours que des expérimentateurs trouvent sur un

même sujet des résultats différents de ceux qu'on a déjà obtenus. Hé bien, je dis que dans ce cas il ne faut pas se complaire dans une sorte de négation systématique dans laquelle beaucoup de personnes aiment à rester. Il faut bien savoir qu'une critique pareille n'a aucune portée scientifique.

Le rôle de la critique sérieuse et vraiment utile n'est pas d'opposer des faits à des faits, mais de chercher la raison des divergences apparentes dans les résultats, et d'établir par là les conditions exactes des phénomènes. L'expérimentateur qui cherche la vérité devra trouver la raison de ces divergences dans les conditions indiquées par l'observateur dont il étudie les travaux, ou bien, s'il le peut, il devra se renseigner auprès de l'auteur lui-même. Ce rapprochement, constamment instructif, fait toujours faire un pas en avant dans la recherche de la vérité. Un mot suffit souvent pour dissiper des incertitudes; fréquemment j'en ai eu la preuve, en échangeant ici avec des savants étrangers des explications sur des points parfois trop légèrement indiqués dans les expériences publiées.

Quand on habite le même pays ou la même ville, cet échange est encore plus facile, pour les critiques qui cherchent la vérité scientifique; ils sont dans d'excellentes conditions pour avoir tous les éclaircissements suffisants à l'interprétation des expériences, et pour éviter ces discussions stériles et bruyantes que doivent fuir tous les hommes qui consacrent leur temps à l'intérêt de la science.

En terminant, je vous signalerai une autre manière de traiter les questions physiologiques, qui me semble

amenée encore par la complexité des phénomènes de la vie. Cette manière pourrait être appelée critique par encombrement. En effet, il est des expérimentateurs qui ne se proposent pas pour objet de perfectionner les expériences des auteurs qui les ont précédés, soit en y ajoutant des faits nouveaux soit en rectifiant quelques points mieux étudiés. Ils se bornent seulement à faire, sur le même sujet, d'autres expériences toutes différentes dont ils tirent des conclusions tout à fait indépendantes. De là résulte un vague dans les questions qui se trouvent ainsi noyées dans des faits de plus en plus complexes sans rien résoudre. Lorsqu'on institue des expériences nouvelles sur un sujet déjà traité, il faut toujours que ce soit pour y ajouter des résultats capables de l'élucider; on doit poser nettement la question au lieu de l'entourer d'obscurités nouvelles. Il faut chercher à simplifier l'expérimentation en instituant autant que possible des expériences décisives, et faire, s'il se peut, qu'une seule puisse suffire si toutes les conditions expérimentales sont suffisamment connues pour serrer d'assez près le nœud du problème.

Vous le voyez, toutes les imperfections de la critique peuvent, en physiologie, facilement s'abriter sous les imperfections mêmes de l'expérimentation. Les faits sont si complexes et par conséquent si multiples, que rien n'est plus ordinaire que d'obtenir des résultats différents en ayant l'air d'avoir fait la même expérience. Mais je ne saurais trop le répéter : il faut être certain que dans tous ces cas la contradiction dans les faits est impossible, et il n'y a généralement qu'indétermination dans les conditions

de l'expérience. La conséquence qui ressort tout naturellement de là, c'est que la critique expérimentale n'a pas autre chose à faire qu'à trouver la solution des conditions expérimentales. Cette solution avance toujours la science, mais elle ne peut détruire aucun fait observé; elle les réduit, redresse leurs interprétations et leur donne une signification assise sur des notions plus étendues et par suite plus rapprochées de la vérité. Si au contraire on se borne à accumuler simplement des faits complexes, on oppose des expériences négatives à des expériences positives, on encombre la science. On jette l'obscurité et le découragement dans l'esprit de ceux qui se sentiraient portés vers les études physiologiques, et on fournit des arguments à ces hommes anti-expérimentateurs, qui s'imaginent que la science physiologique doit sortir toute faite de leurs rêveries, sont toujours prêts à s'écrier : Voyez à quoi servent les expériences physiologiques, elles n'amènent qu'erreurs et contradictions!

Voilà, Messieurs, très en abrégé quelques préceptes de critique que nous trace inévitablement le désir d'arriver à la vérité. Maintenant, quant aux difficultés de l'expérimentation, elles ne sauraient ni la faire rejeter ni vous décourager. Il est tout naturel que ce soit dans la physiologie que l'expérimentation se perfectionne en dernier lieu, en raison de la complexité de ses phénomènes. Aujourd'hui, de tous côtés on la rend plus précise dans sa partie instrumentale. Il me suffit de vous avoir montré qu'il y a aussi dans ce perfectionnement à tenir compte des conditions physiologiques de l'organisme vivant.

DEUXIÈME LEÇON.

11 DÉCEMBRE 1857.

SOMMAIRE : Liquides organiques normaux et pathologiques. — Leurs caractères communs. — Eau. — Effets de l'injection de l'eau dans le système vasculaire : expériences. — Limites étendues entre lesquelles peut varier la quantité d'eau qui existe dans l'organisme. — Classification des liquides organiques d'après leur réaction acide ou alcaline d'après leur réaction fixe ou mobile.

MESSIEURS,

D'après les idées émises dans la leçon précédente, nous allons aborder l'étude des différents liquides de l'organisme en nous attachant surtout à mettre en évidence leurs caractères physiologiques. Cette direction de nos recherches nous est dictée, ainsi que je vous l'ai fait voir, par la nature même des conclusions physiologiques et médicales que nous demandons à l'expérience et à l'observation.

Tous les moyens d'investigation qui sont à notre disposition seront mis à profit, en ne perdant pas de vue toutefois que le but que nous poursuivons nous oblige à les subordonner les uns aux autres et à n'accorder à certains d'entre eux qu'une importance relative. En effet, lorsqu'on veut arriver à établir une proposition physiologique, il faut que la question soit posée par un physiologiste; c'est à lui qu'il appartient de poser le problème et de régler l'emploi des moyens qui peuvent conduire à sa solution.

Les liquides qui se rencontrent dans l'organisme,

liquides d'origine physiologique ou pathologique, sont nombreux. En voici une liste qui se trouve indiquée dans la plupart des ouvrages et dont on peut provisoirement se contenter :

Liquides interstitiels,
Sang,
Lymphe,
Chyle,
Salive,
Suc gastrique,
Bile,
Suc pancréatique,
Fluide intestinal,
Mucus,
Sperme,
Liquide de la vésicule de de Graaf,
Liquide amniotique.
Liquide allantoïdien,
Lait,
Liquide céphalo-rachidien,
Humeur aqueuse,
Humeur vitrée,
Larmes,
Sueur,
Urine,
Synovie,
Sérosités,
Pus,
Altérations des liquides normaux.

Une première classe est, on le voit, formée par les *liquides interstitiels*, liquides spéciaux à chaque tissu, ne circulant pas à proprement parler et représentant simplement la partie liquide des tissus auxquels ils appartiennent.

La seconde classe, qui serait elle-même susceptible de division, est la plus importante; elle comprend les liquides qui circulent dans l'organisme, ou s'accumulent en certains points pour remplir un rôle physiologique en rapport avec l'accomplissement de fonctions déterminées. La troisième est formée par des produits pathologiques.

Avant d'aborder en détail et séparément l'étude de ces liquides, nous devons nous arrêter à quelques propriétés générales sur les fluides organiques qu'il est important d'examiner.

Et d'abord, les liquides sont indispensables dans un

organisme, où ils sont le véhicule nécessaire des matériaux qui, dans le double mouvement de composition et de décomposition organiques, viennent du dehors accroître l'individu ou sont rendus par lui au milieu extérieur. Ne voyons-nous pas, chez des animaux inférieurs capables de perdre leur eau, la dessiccation arrêter toutes les manifestations vitales, et celles-ci n'apparaître que sous l'influence de l'eau restituée. C'est encore ce que nous voyons d'une manière plus évidente pour les végétaux. Tous les phénomènes de développement s'arrêtent dans la graine desséchée, pour apparaître le jour où on lui rendra les liquides qui sont nécessaires pour que les phénomènes chimiques de la germination puissent s'opérer.

Indépendamment de leurs propriétés spéciales, les liquides organiques se rapprochent donc les uns des autres par un caractère général ; tous doivent une première importance physiologique à l'eau qu'ils contiennent, avant de valoir par les substances qu'ils peuvent tenir en dissolution ou en suspension ; ils sont d'abord utiles comme liquides.

Ce rôle nécessaire d'éléments liquides dans tout organisme vivant donne un grand intérêt à une première question, celle de savoir quelle est la proportion d'eau que renferme l'organisme.

Cette proportion a été recherchée chez l'homme par divers observateurs, et notamment par Chaussier, qui fit placer dans un four, à une chaleur assez peu considérable pour ne pas opérer la carbonisation, un cadavre humain du poids de 60 kilogrammes. La dessiccation le réduisit à 6 kilogrammes. Les parties solides entraient

donc dans sa constitution pour un dixième seulement, tandis que l'eau y était pour les neuf dixièmes. La momification, telle que la pratiquaient les Égyptiens, donne à peu près les mêmes résultats, c'est-à-dire que les momies ont été ramenées en général au dixième de leur poids. Ces chiffres, pris chez l'homme, ne sauraient être généralisés et appliqués à toutes les espèces animales. Chez les reptiles et beaucoup d'insectes, la proportion des liquides est beaucoup moindre ; dans certains animaux, cette diminution de l'eau est telle que l'urine est solide et affecte une consistance pulvérulente.

Les propriétés spéciales que possède chaque liquide, propriétés en vertu desquelles il joue dans le mouvement organique un rôle déterminé, sont-elles en rapport avec une proportion d'eau déterminée dans leur constitution? Peut-on dire que dans chacun d'eux il faut qu'un rapport constant existe entre les liquides et les parties dissoutes? — Non, les analyses donnent à cet égard des différences très grandes; elles nous montrent que dans le sang l'eau varie de 80 à 90 pour 100; que dans le suc gastrique, sa proportion est de 98 à 99; dans le lait, de 70 à 80, etc. On ne peut donc pas espérer déterminer un rapport fixe et rigoureusement normal entre l'eau et les éléments en dissolution; ce qu'il faut chercher, ce sont les limites de ces variations d'eau.

Pour rechercher l'influence de la quantité d'eau sur les phénomènes physiologiques, deux procédés s'offrent à l'expérimentateur, l'un qui consisterait à enlever de l'eau au corps, l'autre à lui en ajouter. Le premier est très difficile à réaliser. Cependant, M. le docteur Kunde a,

chez des grenouilles, soustrait de l'eau à l'organisme, et observé ainsi des effets singuliers. Son procédé consistait à introduire dans le canal intestinal de ces animaux du sulfate de soude ou du sucre; une action endosmotique se produisait qui amenait dans l'intestin une partie de l'eau du sang; celui-ci se trouvait ainsi appauvri dans sa partie liquide.

Un des premiers résultats de cette expérience était la perte de transparence de cristallin; l'animal devenait aveugle. Cet effet disparaissait bientôt quand la grenouille était remise dans l'eau. Dans ces conditions d'appauvrissement de la partie liquide du sang, des convulsions surviennent aussi, convulsions liées très vraisemblablement à la soustraction des liquides qui baignent le nerf et disparaissant dès qu'on rend à l'organisme l'eau qu'il a perdue.

Pour répéter ces expériences sur les animaux élevés, il faudrait aussi leur enlever de l'eau, et la chose offre jusqu'à présent de grandes difficultés. Mais nous pouvons en ajouter, et sous ce rapport l'expérience apprend que les limites entre lesquelles varie la proportion d'eau dans l'organisme sont assez étendues, à en juger par les résultats qui suivent.

Exp.— Hier nous avons injecté de l'eau dans les veines d'un chien. L'animal pesait 2 kilogrammes 500 grammes et était en digestion, c'est-à-dire dans les conditions de turgescence la plus grande du système vasculaire. Nous voulions en même temps voir quelle influence cette injection d'eau aurait sur les sécrétions; aussi avions-nous placé des tubes dans les conduits de la

glande sous-maxillaire, pancréatique et cholédoque; nous avions encore mis une sonde dans la vessie. Alors, à l'aide d'une seringue placée dans la veine jugulaire, on a injecté de l'eau dont la température était de 35 à 40 degrés. 800 grammes d'eau, le tiers du poids de l'animal, furent successivement injectés sans produire d'accidents évidents. Les sécrétions ne parurent d'abord pas modifiées; puis, à mesure qu'on injecta plus d'eau, elles diminuèrent peu à peu. Lorsque 800 grammes d'eau furent injectés, toutes cessèrent excepté la bile. Le tube placé dans le canal cholédoque donnait toujours lieu à un écoulement bilieux abondant. Au moment où on injecta la vingtième seringue d'eau (chacune contenait 40 grammes), des convulsions vives, tétaniques, apparurent; la respiration cessa; l'animal tomba dans un état de mort apparente. Au bout d'une minute un mouvement respiratoire s'effectua, l'animal revint un peu à lui quoiqu'il restât toujours couché sur le flanc. On reprit les injections d'eau; les sécrétions étant arrêtées, seule la bile continuait à couler. On put ainsi pousser la dose du liquide injecté jusqu'à 1120 grammes; l'animal succomba seulement quand on fut arrivé à cette quantité. Trois ou quatre fois pendant la dernière partie de l'opération, des convulsions survinrent, avec plus ou de moins de durée; les sécrétions ne revinrent plus, seule la bile coula jusqu'au moment où l'animal périt.

Au moment où se manifestèrent les premiers accès convulsifs, on recueillit du sang de l'animal; ce sang, le voici : dans ce verre est du sang veineux; il n'est pas coagulé et renferme beaucoup d'eau; dans cet autre verre

vous voyez du sang artériel qui n'est pas coagulé et renferme également beaucoup d'eau. Il suffit de le comparer à deux saignées artérielle et veineuse faites comparativement à un autre chien sain, pour voir combien est grande la différence entre les liquides ainsi obtenus.

En résumé nous voyons donc que chez un animal en digestion, c'est-à-dire ayant une quantité de liquides aussi voisine que possible du maximum normal, on a pu, sans produire d'accidents, injecter d'abord une quantité d'eau très voisine du tiers de son poids. Il est donc possible d'avoir dans le système circulatoire une excès d'eau assez considérable sans produire d'accidents. En élevant la dose du liquide injecté, nous avons vu diminuer, puis cesser les sécrétions salivaires et pancréatique; l'urine a cessé de se former ; à l'autopsie la vessie fut trouvée vide.

Pourquoi donc le foie continuait-il toujours à fournir de la bile? Faut-il en conclure que la sécrétion biliaire continue lorsque les autres cessent? Je ne le pense pas. La bile qui s'écoulait vers la fin de l'opération était moins colorée, et je crois que son écoulement doit s'expliquer par le passage tout mécanique de l'eau dans la vésicule. En effet, dans les injections d'eau abondantes, surtout lorsqu'on les fait par les artères, il y a production assez rapide d'hydropisies; tandis que dans les injections par les veines, ces phénomènes n'arrivent que beaucoup plus tard. Chez le chien dont je viens de vous exposer l'histoire, nous n'avons eu qu'un peu d'œdème dans le foie, mais une infiltration considérable de la vésicule biliaire; une grande quantité d'eau était accumulée

dans le tissu cellulaire lâche qui sépare la muqueuse de la tunique propre de l'organe. Il y a là un phénomène d'imbibition qui semble se produire sur le vivant comme sur le cadavre. En effet, lorsqu'on lave le foie par un courant d'eau qu'on fait arriver par la veine porte, on détermine toujours cette imbibition de la vésicule biliaire que vous pouvez voir sur ce cadavre de chien dont on vient de laver le foie.

A cet égard, un fait plus remarquable encore s'est offert à mon observation. A une époque où j'ai essayé d'une foule de moyens pour arriver à détruire le pancréas, j'avais tenté, entre autres procédés, les injections d'air dans les veines et dans les voies excrétoires de cet organe. Or, je fus très étonné de voir que, sans que la pression pût expliquer une infiltration emphysémateuse ou une rupture des tissus, l'air passait en nature dans la vésicule biliaire et de là dans l'intestin par le canal cholédoque. Cette observation me porterait à penser que dans l'expérience d'hier la sécrétion biliaire était arrêtée, mais que le passage mécanique de l'eau simulait une sécrétion exagérée.

Quant à la conclusion spéciale à tirer de cette expérience, c'est que la proportion de l'eau dans l'organisme peut varier entre des limites assez éloignées; une différence fort grande existe déjà entre la quantité des liquides chez un animal à jeun et chez un animal en digestion ; le rapport entre la quantité des liquides et celle des solides dans l'organisme est donc extrêmement mobile.

Un autre caractère des liquides organiques doit nous arrêter, caractère dans lequel on avait cru pouvoir trou-

ver les bases d'une classification physiologique de ces liquides; je veux parler de leur réaction acide ou alcaline. Berzelius, dont l'attention s'était portée sur ce point, avait cru pouvoir conclure de ses observations que la réaction alcaline était caractéristique des sécrétions, tandis que la réaction acide appartenait aux liquides excrétés. C'est l'examen de l'urine et de la sueur chez l'homme qui l'avait surtout conduit à établir cette proposition. Or, vous avez vu qu'une pareille distinction ne saurait être maintenue comme caractère absolu, car l'urine, par exemple, peut être tantôt acide et tantôt alcaline. D'une autre part, le suc gastrique nous offre un exemple d'un produit de sécrétion acide. L'importance de ces caractères doit être d'ailleurs regardée comme très secondaire, lorsqu'on voit combien est faible l'intensité de la réaction de ces liquides, dont l'activité physiologique doit être surtout attribuée à certains principes organiques qui sont en général de la nature des ferments.

Je ne pense pas cependant qu'on doive négliger les réactions que je viens de vous signaler, et renoncer à trouver les rapports qu'elles offrent avec les propriétés des liquides. Or, si nous cherchons une loi dans la réaction des liquides organiques qui soit d'accord avec tous les faits observés, nous voyons que, parmi les liquides de l'économie, les uns présentent une réaction *fixe*, soit acide, soit alcaline, tandis que d'autres, tantôt acides et tantôt alcalins, offrent une réaction *mobile*. Les premiers, généralement plus importants au point de vue de l'harmonie des fonctions, sont des produits de

sécrétion, tandis que les autres à réaction variable sont généralement des produits excrétés.

Le sang, la lymphe, le chyle, la salive, la bile, le suc pancréatique, le suc intestinal, le sperme, etc., offrent constamment une réaction alcaline. Le suc gastrique est toujours acide et ne peut remplir ses usages qu'autant qu'il conserve cette réaction. L'urine et la sueur, au contraire, sont tantôt acides et tantôt alcalines.

Nous vous avons rendus témoins de ces réactions différentes des urines chez des lapins examinés comparativement pendant que ces animaux étaient à jeun et pendant qu'ils étaient en digestion. Voyons ce qui a lieu pour la sueur.

Chez l'homme, la sueur est acide dans les conditions ordinaires; elle est alcaline chez les chevaux.

Il y a dix ans, alors que je recherchais les causes des variétés de réactions de l'urine, j'examinai aussi la sueur à ce point de vue; opérant sur des chevaux, je la trouvai constamment alcaline. Mais je pensai qu'il pouvait y avoir là, comme pour l'urine, une cause d'alcalinité dépendant de la digestion. Je cherchai donc à la faire disparaître.

Exp. — Un cheval vigoureux, du casernement de l'École militaire, ayant été réformé parce qu'il était atteint de la morve, fut mis à ma disposition. Cet animal étant soumis à l'abstinence, ses urines, d'abord alcalines, devinrent bientôt acides; quant à la sueur, elle continuait à présenter la réaction alcaline. Pendant vingt jours l'observation fut répétée tous les jours; la réaction de la sueur était examinée après une course qu'on faisait faire à l'animal; chaque fois je la trouvai alcaline.

J'arrivais ainsi à conclure que les choses ne se passent pas chez le cheval comme chez l'homme, et que je m'étais trompé d'abord en pensant que la sueur pouvait offrir une réaction mobile en rapport avec l'alimentation. C'est, en effet, dans ce sens que devrait être interprétée cette première expérience, cependant une circonstance est venue me montrer plus tard qu'une cause d'erreur aurait bien pu se glisser dans mon observation.

Dans les écuries, il se développe une grande quantité d'ammoniaque ; or, aucun corps ne retient mieux l'ammoniaque que les poils. La réaction obtenue sur la peau pourrait bien ne pas être la réaction de la sueur, mais la réaction ammoniacale des poils de l'animal qui, destiné à être abattu, n'était plus que médiocrement soigné. Cette possibilité de cause d'erreur étant reconnue, il faudra dans une expérience ultérieure raser et laver un point de la surface de la peau afin de voir si la réaction de la sueur dans cette partie sera acide, tandis que les poils donneraient toujours ailleurs une réaction alcaline. Je serais porté à penser, sauf expérience ultérieure, que la sueur doit offrir une réaction mobile ainsi que celle de l'urine. Cette mobilité de la réaction de la sueur a d'ailleurs été constatée chez l'homme ; on a dit que, sous l'influence du traitement hydrominéral de Vichy, l'urine et la sueur devenaient toutes deux alcalines.

Messieurs, je dois encore vous signaler une condition particulière de variabilité dans la réaction de certains liquides.

Tandis que la salive a une réaction alcaline constante, que le suc gastrique offre aussi une réaction acide fixe,

il semble que le suc intestinal ait une réaction variable, tantôt acide et tantôt alcaline. En effet, si l'on examine le contenu de l'intestin grêle on le trouve acide chez les carnivores et alcalin chez les herbivores. Si de l'intestin grêle on passe au gros intestin, on le trouve alcalin chez les carnivores et acide chez les herbivores. Doit-on conclure de là que la réaction de l'intestin est mobile? — Non, Messieurs; car dans ce cas la différence des réactions tient à ce qu'on a la réaction des matières alimentaires digérées. L'intestin vide est constamment alcalin; la réaction acide qu'il peut offrir provient seulement de l'alimentation.

Voyant que le cæcum des herbivores était acide, Prévost et Leroyer l'avaient assimilé à un second estomac, dans lequel la digestion recommençait en quelque sorte. Vous savez que cette vue n'est pas exacte; il ne se produit pas de suc acide dans le cæcum des carnivores, et le cæcum des carnivores fournit une réaction alcaline. Cette différence tient à ce que la digestion étant terminée dans l'intestin grêle, des phénomènes d'un autre ordre, phénomènes de décomposition spontanée, se produisent dans le cæcum. La décomposition en fermentation putride des aliments azotés donne lieu à des produits ammoniacaux chez les carnivores; la décomposition des produits amyloïdes chez les herbivores est une fermentation lactique, d'où l'alcalinité du cæcum chez les premiers et son acidité chez les seconds. Mais si, au lieu d'observer la réaction des matières cæcales, on prend la réaction du liquide de l'appendice du cæcum, on la trouve toujours alcaline.

D'après ces considérations, vous voyez que la réaction des liquides organiques est susceptible d'interprétations physiologiques intéressantes, lorsqu'on recherche les causes de ces variations constantes ou variables. La réaction constante des produits de sécrétion serait-elle d'accord avec le rôle qu'ils ont à remplir? Cette condition perdrait-elle au contraire de son importance lorsqu'il s'agit des excrétions dont la variabilité dans la réaction est en rapport avec des nécessités fonctionnelles d'éliminations variées servant à maintenir l'organisme dans les conditions d'équilibre physiologique?

Quoi qu'il en soit de ces vues, les liquides organiques peuvent offrir une réaction fixe ou mobile. Peut-être pourrait-on sous ce rapport classer les liquides de l'organisme en liquides à réaction fixe et liquides à réaction mobile. Plus tard nous aurons à revenir sur cette classification que je me contente de vous indiquer pour le moment.

Maintenant, Messieurs, nous devons étudier les liquides en particulier. Nous verrons combien cette étude offre de points de vue qui intéressent le physiologiste et le médecin, combien sont variées les considérations qui s'y rattachent. Parmi les influences dont on doit tenir compte dans cette étude, nous mettrons au premier rang les conditions physiologiques qui nous semblent avoir été trop négligées jusqu'à ce jour.

Dans la prochaine leçon nous commencerons l'étude du sang, qu'on doit considérer comme générateur des autres liquides et comme milieu dans lequel les organes trouvent les éléments de leur nutrition.

TROISIÈME LEÇON

16 DÉCEMBRE 1857.

SOMMAIRE : Du sang. — Son rôle général comme milieu organique. — Effets de sa soustraction. — Influence du sang sur les tissus et des tissus sur le sang. — Étude des propriétés du sang. — Température. — Propriétés calorifiques chez les animaux à sang chaud et à sang froid. — Calorification. — Températures comparées du sang veineux et du sang artériel. — Expériences. — Critique d'anciennes expériences, causes d'erreur.

MESSIEURS,

On ne peut concevoir l'existence d'aucun liquide organique sans celle du sang. Le rôle si important qui lui est assigné dans l'entretien des phénomènes organiques de la vie le désigne comme premier objet de la série d'études que nous entreprenons.

L'importance du sang a de tout temps été parfaitement sentie par les observateurs ; on l'a désigné sous le nom de liquide nourricier, confondant avec lui, dans cette dénomination générale, le chyle et la lymphe. On comprenait ainsi comme une unité physiologique le liquide général qui baigne les différents tissus et se trouve renfermé dans un système clos, sans communication avec l'extérieur.

Chez les animaux supérieurs et chez l'homme, où nous avons à considérer le fluide nourricier, on a distingué d'après leur couleur le sang, le chyle et la lymphe. Le sang serait le liquide nourricier coloré en

rouge, le chyle le liquide nourricier coloré en blanc, et la lymphe le liquide nourricier incolore. Quoique ces distinctions n'aient rien d'absolu, nous les garderons cependant parce que l'usage en est consacré, sauf à voir plus tard la signification plus précise que nous devrons leur donner.

Ce qui caractérise tous les liquides dont nous venons de parler et ce qui doit les rapprocher les uns des autres, c'est qu'ils sont mis en mouvement dans l'organisme. Le sang, chassé dans toutes les parties du corps, est ramené au centre pour être ensuite renvoyé dans toute l'économie. Il résulte de là que le sang se met en contact incessamment avec toutes les molécules organiques de nos tissus, en même temps qu'il se trouve en rapport médiat avec le milieu extérieur dans lequel il puise des matériaux de réparation et auquel il rend des produits devenus impropres à la vie, au moyen d'un certain nombre d'appareils spéciaux.

Considéré ainsi d'une manière générale, le sang constitue un véritable milieu organique, intermédiaire entre le milieu extérieur dans lequel vit l'individu tout entier et les molécules vivantes qui ne sauraient être impunément mises en rapport direct avec ce milieu extérieur. Aussi le sang contient-il tous les éléments nécessaires à la vie, éléments qu'il vient puiser au dehors par le moyen de certains appareils organiques. Ensuite il agit comme véhicule de toutes les influences qui, venues du dehors, agissent sur les fibres des tissus : oxygène, substances nutritives, conditions de température, etc.

Par l'appareil respiratoire, le sang est en rapport avec l'air et y puise l'oxygène qui est ensuite porté dans tout l'organisme. Par l'appareil de l'absorption alimentaire, le sang puise au dehors tous les matériaux liquides qui sont ensuite emportés dans l'organisme pour servir à la nourriture des tissus. D'un autre côté, tous les produits de décomposition organique qui résultent de l'accomplissement des phénomènes de la nutrition sont rendus dans le sang et circulent avec lui pour être versés à l'extérieur, soit sous forme gazeuse par la peau ou le poumon, soit sous forme liquide par les reins.

Comme je le disais, le sang est donc un véritable milieu dans lequel tous les tissus rejettent leurs produits de décomposition, et dans lequel ils trouvent pour l'accomplissement de leurs fonctions des conditions invariables de température, d'humidité, d'oxygénation, en même temps que les matériaux azotés, hydro-carbonés et salins sans lesquels les organes ne peuvent se nourrir. Toutefois, dans cette nutrition des organes, il faut considérer que les tissus sont actifs et agissent sur le sang pour s'approprier, suivant leur nature, les différents matériaux dont ils sont constitués. Il ne serait pas exact de considérer le sang comme contenant tous les éléments immédiats des organes et ne faisant que les déposer par une sorte d'élection sous tel ou tel tissu, ce que Bordeu semblait supposer en disant que le sang est de la chair coulante et forme les tissus. Cette idée, qui peut-être a dû naissance à ce que la fibrine du sang se carnifie en quelque sorte par la coagulation, n'est plus soutenable aujourd'hui qu'on sait que la fibre

musculaire ne constitue pas du tout une substance analogue à la fibrine du sang.

En un mot, le sang ne forme pas les organes, et la preuve, c'est que les organes existent, dans l'embryon, formés avant l'apparition du sang; seulement les organes se nourrissent avec les éléments du sang qu'ils s'approprient chacun à leur manière.

De tout temps, le sang a été considéré comme un liquide indispensable à la vie, par la raison simple que sa perte entraîne immédiatement la mort.

Ce fait peut se démontrer par une expérience très simple et que nous aurons certainement occasion de faire devant vous. Prenant un animal assez petit et lui introduisant une sonde par la veine jugulaire jusque dans le ventricule droit, si l'on vient, à l'aide d'une seringue d'une capacité suffisante, à aspirer une partie notable de son sang, l'animal tombe aussitôt comme mort. On peut cependant le rappeler à la vie si, n'attendant pas que cet état se soit prolongé trop longtemps, on presse sur le piston de la seringue, pour lui restituer ainsi le sang qui lui avait été enlevé.

C'est sur la nécessité reconnue de tout temps de l'existence du sang pour entretenir les phénomènes de la vie qu'était basée une idée fort ancienne, en vertu de laquelle on croyait pouvoir changer le sang doué de qualités insuffisantes et le renouveler. De là était née l'opération de la transfusion. Cette opération, vous le voyez, reposait sur une idée fausse : on pensait que le point de départ des phénomènes de nutrition était dans le sang, que ce liquide s'organisait en quelqe sorte. Or,

ce qui vieillit dans l'organisme, ce n'est pas le sang, ce sont les organes. Sans cesse le sang se renouvelle; il est constamment jeune, et s'il n'a pas toujours les mêmes qualités, cela tient avant tout aux conditions dans lesquelles il se forme, à l'état d'intégrité des appareils qui directement ou indirectement président à son élaboration. On ne saurait pas plus rajeunir ces organes par le contact d'un sang jeune qu'on ne rajeunirait un vieillard en le soumettant au régime alimentaire d'un enfant. Dans le cercle des influences réciproques qui entretiennent la vie, il faut faire leur part distincte à chacune d'elles : les tissus trouvent dans le sang les matériaux de leur nutrition; mais il faut qu'ils sachent l'y puiser; c'est à eux qu'appartient le rôle actif: le sang est entièrement passif, il abandonne ce qu'on lui prend, mais encore faut-il des organes qui le lui prennent.

Bien que d'après les idées que l'on se fait du rôle du sang dans les phénomènes de la nutrition, on ne tienne pas suffisamment compte du rôle des tissus et de la force de développement en vertu de laquelle ils s'entretiennent par un mécanisme identique avec celui de leur formation, c'est cependant avec raison qu'on a placé dans les altérations du sang la cause d'une foule de maladies. De cette idée à celle de soustraire à l'organisme un liquide délétère, il n'y avait qu'un pas : la saignée fut appelée à remplir cette indication. Quel fut le médecin qui la pratiqua le premier ? On l'ignore. Toujours est-il qu'une fois cette opération passée dans la pratique, les idées théoriques purent changer et que chaque doctrine

nouvelle sut s'emparer du résultat et le justifier par des raisons différentes.

Ici encore, Messieurs, nous retrouvons l'influence de l'idée erronée qu'on s'était faite du rôle du sang dans les phénomènes intimes de la nutrition. Il est clair qu'on peut avoir l'idée de remplacer le mauvais sang; mais il faudrait pouvoir le remplacer par un sang meilleur. Or, dans l'être vivant, tel est le rapport entre les organes et le liquide au milieu desquels ils vivent, qu'il faudrait, pour justifier cette soustraction d'un liquide délétère, que la cause de son altération fût toujours venue du dehors et qu'elle ne fût pas due à un défaut ou à une perversion de l'action des organes, comme cela a lieu dans une foule de cas. Le sang est fait pour les organes, c'est vrai; mais je ne saurais trop vous le répéter, il est fait aussi par les organes. Ne tenir compte que d'un des termes de cette double influence, c'est s'exposer à toutes les conséquences d'une théorie erronée. Si les organes sont malades, le sang sera malade; et on aura beau l'enlever, on ne le régénèrera jamais.

Nous verrons plus tard combien il est indispensable de tenir compte de ces deux éléments de la question, et comment leur solidarité rend compte de phénomènes inexplicables autrement; comment les actes chimiques qui s'accomplissent dans le sang sont réglés ou suspendus par l'influence du système nerveux, influence capable de modifier ou d'empêcher les conditions physiques de leur production. C'est ainsi que vous avez vu l'influence du système nerveux augmenter, diminuer, faire cesser la production du sucre dans l'organisme en

agissant sur le mécanisme qui rend cette production possible.

Nous aurons peut-être plus tard à nous occuper des phénomènes physiologiques qui accompagnent les opérations de la saignée et de la transfusion, ainsi que des caractères physiologiques et des modifications pathologiques du pouls, objet d'études spéciales auxquelles les anciens médecins attachaient la plus grande importance.

Les études sur le sang sont excessivement nombreuses; elles datent de toutes les époques et ont été entreprises à tous les points de vue. Je n'ai pas à faire ici l'histoire de la circulation; ce côté mécanique des phénomènes a été examiné le premier.

Les études chimiques sont venues après, vers le milieu du siècle dernier; les globules sanguins ont été décrits comme caractérisant spécialement ce liquide par Leeuwenhoeck, Malpighi, etc. Plus récemment, on a découvert que le fer est un élément constitutif du sang. Vers le commencement de ce siècle, on a reconnu que c'est dans les globules rouges que ce métal réside spécialement. Depuis on a donné des méthodes d'analyse pour étudier le sang à l'état physiologique et dans divers états pathologiques. Ces méthodes sont aujourd'hui vulgaires dans la science; elles ont été et sont encore employées journellement par des hommes très habiles.

Malgré la multiplicité de ces recherches, il faut avouer que l'hématologie est encore un sujet fort obscur, en raison de l'impossibilité où l'on est de trouver la loi de toutes les variations obtenues dans les analyses qui

ont été faites. Sans parler du perfectionnement que peuvent subir et que subiront certainement les procédés chimiques d'analyse, encore aujourd'hui très défectueux, de l'avis même de leurs inventeurs, nous pensons que les principales causes de ces divergences sont dans l'ignorance des conditions organiques dans lesquelles le sang a été recueilli. Or, nous le verrons, ces conditions, qui sont excessivement multipliées, peuvent apporter dans la nature du fluide sanguin les différences les plus remarquables, de sorte que dans l'étude analytique du sang, de même que dans celle de tous les autres liquides de l'économie, nous pensons qu'il faut déterminer d'abord la condition organique de la formation de ce liquide pour arriver à rapporter toutes les observations à une même condition physiologique. C'est là le point de vue auquel nous avons dû nous placer, convaincu qu'il était impossible que l'étude des liquides organiques pût acquérir une certaine précision et eût une utilité réelle pour la science si elle n'était faite dans une condition organique déterminée.

Ce n'est qu'après avoir acquis quelques données sur la loi des modifications physiologiques que nous pouvons espérer trouver les conditions organiques auxquelles répondent ces modifications chimiques. Nous rechercherons donc ce que sont, à l'état physiologique et dans les conditions normales diverses, les phénomènes mécaniques de la circulation, les modifications chimiques du sang, leur influence sur la nutrition des organes et sur la formation des autres liquides, etc.

L'ordre que nous suivrons dans cette étude est à peu

près indifférent ; seulement il est utile d'indiquer que c'est toujours en vue d'éclairer la formation des autres liquides de l'économie que nous examinerons les propriétés du sang. Nous traiterons successivement :

1° De la température du sang d'une manière générale, afin d'avoir ultérieurement à examiner la même propriété dans ses rapports avec la formation des différentes sécrétions ;

2° Des conditions de pression auxquelles est soumis le sang dans le système circulatoire, étudiées d'une manière générale et dans leurs rapports avec les sécrétions ;

3° De la couleur du sang en général, et, en particulier, dans les organes sécréteurs ;

4° Des diverses propriétés physico-chimiques du sang, telles que la coagulabilité, les quantités d'eau, de sels, de gaz qu'il renferme, toujours examinés d'abord d'une manière générale, et ensuite dans leurs rapports avec la formation des autres liquides de l'économie.

A propos de chacune de ces études sur le sang, nous insisterons spécialement sur les influences du système nerveux et sur le mécanisme par lequel il peut modifier physiquement ou chimiquement les liquides organiques.

Enfin, nous examinerons quelles sont les causes générales d'altération que peut éprouver le sang, et quelles influences ces causes peuvent avoir sur les autres liquides.

Le sang présente une série de propriétés physiques qui sont en rapport avec les usages qu'il est destiné à remplir. Nous considérons actuellement ces propriétés dans l'animal vivant ; plus tard nous nous occuperons

des changements que le sang éprouve lorsqu'il a été retiré du corps.

Parmi les propriétés physiques, il en est une qui est de la plus haute importance, nous voulons parler de la température du sang. Nous commencerons l'étude du sang par l'examen de cette propriété considérée surtout chez les animaux à sang chaud, parce que c'est surtout à l'homme que doivent se rapporter les résultats de nos recherches.

Un fait sur lequel s'est portée de tout temps l'attention des expérimentateurs est le rapport qui s'observe entre la température des animaux et l'énergie des phénomènes vitaux dont ils sont le siége. Tandis que les animaux à sang froid suivent les variations de la température ambiante, nous voyons les animaux supérieurs et à sang chaud jouir d'une température propre, indépendante jusqu'à un certain point de celle du milieu, et en rapport surtout avec l'énergie des fonctions vitales.

Généralement, la température du sang est plus élevée que celle du milieu ambiant; chez l'homme et les mammifères, elle varie ordinairement entre 38 et 41 degrés centigrades, et ces oscillations, assez faibles, sont sous la dépendance de l'accomplissement des fonctions; on la voit baisser chez l'animal à jeun pendant le repos et durant le sommeil, tandis qu'elle s'élève pendant la veille, sous l'influence du mouvement et pendant la digestion.

On a trouvé et généralisé le résultat de ces observations en disant que chez les animaux élevés l'organisme offrait une certaine résistance aux variations de température. Il est vrai, en effet, que dans un milieu plus chaud que le sang, les animaux supérieurs se maintien-

tient à une température inférieure à celle de l'air extérieur. Toutefois, ils ne résistent pas à l'élévation de température comme au refroidissement. Magendie et moi avons vu que, si, plaçant un animal à sang chaud dans une étuve à 40 degrés, on venait à augmenter graduellement la température de l'étuve jusqu'à 100 degrés, il résistait pendant quelque temps à cette élévation de température, en conservant son sang à 40 ou 41 degrés; mais au bout d'un certain temps il s'échauffait, son sang acquérait successivement 41, 42, 43, 44 degrés; enfin à 45 degrés la mort arrive infailliblement.

La température du sang est donc une des propriétés les plus essentielles de ce liquide, puisque, chez les animaux élevés, elle ne peut osciller que dans des limites très restreintes.

Ce que nous avons vu arriver chez l'animal placé dans un milieu trop chaud se produira, quoique dans des limites plus larges, lorsqu'on le soumettra à des causes de refroidissement. Dans un milieu refroidi, la température d'un animal baisse. Si, lorsque son sang est descendu à 25 ou 30 degrés, on l'abandonne dans ce milieu froid, la température continuera à baisser et il périra. Mais on peut le rappeler à la vie si à ce moment on élève graduellement et pas trop brusquement sa température. Cette propriété qu'ont les animaux de produire de la chaleur est d'une importance capitale; elle est d'autant plus nécessaire à la vie que les animaux sont plus élevés dans l'échelle zoologique.

Chez les animaux à sang chaud, on peut dire que les tissus ne ressentent réellement pas les effets de la température du milieu extérieur, parce qu'ils sont plongés

dans un autre milieu, milieu interne liquide, qui est le sang, où les organes vivent comme l'embryon dans les liquides qui l'entourent. Ce milieu interne est très important, et l'on peut voir que, relativement aux phénomènes calorifiques, l'animal porte avec lui un milieu qui a sa température propre, de 38 à 40 degrés centigrades. C'est donc là qu'il faut rechercher par quel mécanisme un animal peut conserver une température constante malgré les variations si étendues de la température extérieure. Aussi a-t-on compris de tout temps que c'était sur le sang que devaient porter les recherches relatives à la chaleur animale. On avait vu, en plaçant dans une étuve un animal mort, que les tissus organiques étaient mauvais conducteurs du calorique ; il résultait évidemment de là que la température du corps devait être donnée et répartie par les liquides.

Lorsque les théories physiologiques se sont emparées de cette question, la théorie de Lavoisier sur les combustions régnait en souveraine dans la science. Lavoisier, embrassant, dans une conception qui reste un des plus beaux efforts de l'esprit humain, tous les phénomènes dans lesquels intervient l'oxygène, a rapporté la cause de la chaleur animale à une oxydation, à une véritable combustion. Et comme c'était par le poumon qu'était absorbé l'oxygène et exhalé l'acide carbonique, Lavoisier admit d'abord que c'était dans le poumon que se produisait la chaleur qui entretient la température de l'animal. Il avait donc assigné une cause aux phénomènes de calorification, et de plus, il avait localisé dans le poumon le champ d'action de cette cause.

Depuis, beaucoup d'expériences ont été faites, qui

ont été présentées comme confirmatives des idées de Lavoisier; aujourd'hui peut-être même est-il des auteurs qui admettent que le poumon est le foyer de la chaleur animale. Comme conséquence nécessaire de ces vues, on admit aussi que le sang artériel était plus chaud que le sang veineux. Examinons donc cette première question ainsi posée : Le sang artériel est-il plus chaud que le sang veineux? Le poumon est-il le siége des phénomènes de calorification qui maintiennent à un degré sensiblement constant la température animale? Ces questions, Messieurs, nous ne les discuterons pas par des raisons; nous vous exposerons historiquement les expériences par lesquelles on a cherché à les résoudre, et nous conclurons d'après les faits.

Parmi les expériences qui ont été citées, un grand nombre confirment les vues de Lavoisier; mais voyons ce que sont ces expériences. Dans un grand nombre de ces expériences on a pris directement la température du sang dans une artère, dans une veine, et trouvé une différence de température en faveur du sang artériel. Mais en en examinant d'autres, on voit qu'elles sont très différentes et ne sont pas du tout comparables : les uns ont expérimenté dans les vaisseaux d'un certain calibre, d'autres dans le cœur droit et gauche, tantôt en ouvrant, tantôt sans ouvrir la poitrine; d'autres, enfin, prenaient les températures en plaçant le thermomètre dans le jet du sang qui s'écoulait par le vaisseau ouvert. Par ces motifs, ces expériences n'étaient déjà pas identiques.

Mais voici que nous nous trouvons en présence d'une autre cause d'erreur qui, en physiologie, surgit à chaque pas et sur laquelle nous avons souvent et longuement

insisté. L'accord avec lequel on admettait sans réserves et dans toute la généralité la loi formulée par Lavoisier, pourrait vous laisser croire que les expériences par lesquelles on avait cherché à la vérifier étaient toutes confirmatives. Il n'en est rien pourtant, et si, dans un grand nombre d'expériences, nous voyons le sang artériel plus chaud que le sang veineux, il en est d'autres dans lesquelles on avait trouvé au contraire le sang veineux plus chaud que le sang artériel. Or, on avait tenu compte dans l'appréciation des faits des expériences confirmatives de la théorie de Lavoisier, et on avait laissé dans l'ombre comme indéterminées ou douteuses les expériences contradictoires. Or, Messieurs, c'est ici le lieu de vous rappeler ce que je vous disais dans la première leçon. C'est là une critique essentiellement vicieuse que celle qui consiste à exclure des faits dits négatifs au nom d'autres faits dits positifs. Il n'y a pas de faits négatifs, il n'y a que des faits mal interprétés ou incomplétement observés; il faut par de nouvelles expériences compléter l'observation ou rectifier l'interprétation, mais il ne faut rejeter aucun fait, il faut tous les admettre, car ils ont tous leur raison d'être, et la critique consiste à trouver une interprétation qui les comprenne tous en leur assignant leur valeur et leurs rapports. C'est ce que nous nous efforcerons de faire, après que nous vous aurons donné : 1° le tableau historique de toutes les expériences dans lesquelles on a trouvé le sang artériel plus chaud que le sang veineux; 2° le tableau chronologique des auteurs qui avaient trouvé le contraire, c'est-à-dire le sang veineux plus chaud que le sang artériel.

AUTEURS.	SANG artériel.	SANG veineux	VAISSEAUX EXPÉRIMENTÉS.	DIFFÉRENCE.	ANIMAUX.	MODE D'EXPÉRIMENTATION.
	deg. cent.	deg. cent.		deg. cent.		
HALLER (1760) . . .	37,2	36,1	Non désignés.	1,1	Non désignés.	Non indiqué.
CRAWFORD (1799) .	38,8	37,5	Artère carotide, veine jugulaire.	1,3	Mouton.	Thermomètre dans les vaisseaux.
KRIMER (1823) . .	38,18	37,5	Artère temporale, veine jugulaire.	0,68	Homme.	Thermomètre dans le courant du sang.
SCUDAMORE (1826).	37,7	36,6	Artère carotide, veine jugulaire.	1,1	Mouton.	Thermomètre dans les vaisseaux.
	36,1	35,5	Artère temporale, veine du bras.	0,6	Homme.	Thermomètre dans le courant du sang.
SAISSY (1815). . . .	38,5	38,0	Cœur droit, cœur gauche.	0,5	Marmotte.	Ponction de l'oreillette ; thorax ouvert.
	36,5	36,0	*Id.*	0,5	Hérisson	*Id.*
	38,0	37,5	*Id.*	0,5	Écureuil.	*Id.*
	31,[illegible]	31,0	*Id.*	0,4	Chauve-souris.	*Id.*
DAVY (1815)	40,0	39,1	Artère carotide, veine jugulaire.	1,1	Agneau.	Thermomètre dans les vaisseaux.
	40,5	40 0	*Id.*	0,5	*Id.*	*Id.*
	40,5	40,0	*Id.*	0,5	*Id.*	*Id.*
	40,5	39,7	*Id.*	0,8	*Id.*	*Id.*
	40,5	40,0	*Id.*	0,5	*Id.*	*Id.*
	40,0	39,1	*Id.*	1,1	Mouton.	*Id.*
	40,[illegible]	39,7	*Id.*	0,5	*Id.*	*Id.*
	40,0	39,4	*Id.*	0,6	*Id.*	*Id.*
	38,6	37,7	*Id.*	0,9	Bœuf.	*Id.*
	38,3	38,3	*Id.*	0,0	*Id.*	*Id.*
	41,1	40,8	Cœur droit, cœur gauche.	0,3	Agneau.	Thermomètre dans le cœur ; poitrine ouverte ; animal mort ; température du rectum. . . . . 40°,0
	41,1	40,5	*Id.*	0,6	*Id.*	*Id.* . . . . 40°,5
	41,1	40,8	*Id.*	0,3	*Id.*	*Id.* . . . . 48°,5
NASSE (1843). . . .	»	»	Dans les ventricules.	»	Poulets.	Thermomètre dans les cavités du cœur ; poitrine ouverte ; animal vivant (1).
	»	»	Veines pulmonaires.	»	*Id*	Vaisseaux ouverts ; thermomètre dans le courant sanguin (2).
BECQUEREL et BRESCHET (1837). .	»	»	Artère et veine crurales.	1,12	Chien.	Appareil thermo-électrique.
	»	»	*Id.*	0 84	*Id.*	*Id.*
	»	»	Artère carotide et veine crurale.	0,84	*Id.*	*Id.*
	38.90	38,0	Veine jugulaire, artère carotide.	0,90	*Id.*	*Id.*
	»	»	Artère carotide, artère crurale.	0,15	*Id.*	*Id.*
	»	»	Veine jugulaire et veine crurale.	0,30	*Id.*	*Id.*

(1) Le cloaque de 0°,10 à 0°,60 plus chaud que le ventricule gauche. Ce résultat a été obtenu huit fois sur douze expériences. Dans deux autres la température était égale, et dans l'autre le sang du ventricule gauche était de 0°,10 plus chaud que le cloaque.

(2) Sang des veines pulmonaires de 0°,60 à 1°,30 plus froid que le cloaque. Par la même méthode, on trouve le ventricule droit de 0°,96 à 1°,80 plus froid que le cloaque, tandis qu'il a trouvé que le ventricule gauche est d'une température sensiblement égale au cloaque.

La conclusion générale de Nasse est que le ventricule gauche est plus chaud que le droit de 1 degré.

2° Comparativement et parallèlement au tableau précédent, nous allons signaler les auteurs qui avaient trouvé des résultats opposés aux idées de Lavoisier, c'est-à-dire le sang veineux plus chaud que le sang artériel.

Coleman (1791) trouva le sang veineux d'abord plus chaud que le sang artériel d'un degré Fahrenheit ; mais plus tard, le sang artériel fut trouvé plus chaud que le sang veineux. (Ces expériences non détaillées ont sans doute été faites sur le cœur.)

Astley Cooper arriva à des résultats semblables à ceux de Coleman.

Thakerah (1819) obtint des résultats analogues.

Mayer trouva chez le cheval le sang de la veine jugulaire plus froid d'un à deux degrés que celui de la carotide ; mais il ne trouva jamais de différence entre les deux sangs dans le cœur chez l'animal venant d'être tué.

Autenrieth, sur un animal récemment mort, et chez lequel on entretenait la respiration artificielle, trouva le sang du ventricule droit plus chaud de 0°,55 jusqu'à 1°,10 que le sang du ventricule gauche. Mais ensuite le sang *venant à se coaguler*, dit-il, se montra plus chaud dans le cœur gauche.

Berger (1833) trouva 40°,90 dans les cavités gauches et 41°,40 dans les cavités droites du cœur ; la différence était de 0°,50 en faveur des cavités droites. Il expérimentait sur un mouton, mais n'a pas indiqué son procédé.

Collard de Martigny et Malgaigne (1832) trouvèrent le sang plus chaud d'un degré dans le cœur droit, la poitrine de l'animal avait été en partie ouverte.

MAGENDIE et CLAUDE BERNARD (1844) constatèrent sur des chevaux que le sang du cœur droit était plus chaud que celui du cœur gauche. Sur le cheval vivant et debout, on enfonçait un long thermomètre dans les cavités du cœur par la veine jugulaire et par l'artère carotide droite ouvertes dans le cou, aussi bas que possible. La différence de température en faveur du cœur droit était plus considérable quand l'animal venait de courir.

CLAUDE BERNARD (1849) communiqua à la Société de biologie les premiers résultats de ses expériences, qui prouvent que le sang devient plus chaud en traversant le foie, de sorte que le sang des veines sus-hépatiques est plus chaud que le sang de l'aorte ventrale et que celui de la veine porte.

HERING (1850) introduisit un thermomètre dans les cavités du cœur d'un veau, vivant et affecté d'ectopie du cœur. Il trouva pour le sang artériel 38°,77 et pour le sang des cavités droites 39°,30; différence en faveur des cavités droites : 0°,53.

G. LIEBIG, en 1854, publia un travail très étendu et très bien fait dans lequel il arrive au même résultat à savoir : que le sang veineux est plus chaud que le sang artériel.

FICK (1855) a publié un travail contenant des expériences nombreuses et très détaillées qui fournissent les mêmes conclusions.

En présence des deux ordres de faits que nous venons de vous rapporter, fallait-il s'attacher uniquement aux premiers et déclarer le sang artériel plus chaud que le sang veineux ? Où bien fallait-il ne tenir compte que des

derniers et regarder le sang artériel comme moins chaud que le sang veineux? Faut-il prendre une moyenne des résultats et dire que le sang artériel et le sang veineux offrent une même température.

Non, Messieurs, il faut absolument tout admettre; et notre conclusion sera comme les faits, c'est-à-dire qu'il est des cas dans lesquels on a trouvé la température du sang artériel plus élevée que celle du sang veineux, et d'autres dans lesquels on a trouvé la température du sang veineux plus élevée que celle du sang artériel : or, nous admettons en principe que les conditions de ces expériences sont différentes. C'est d'ailleurs toujours ainsi en physiologie et partout : on ne peut trouver des résultats concordants qu'en étudiant les conditions dans lesquelles ils sont obtenus.

Et d'abord recherchons, dans les expériences invoquées à l'appui des conclusions présentées, s'il n'en est pas quelques-unes dont les conditions rapprochées seraient susceptibles de fournir des conclusions moins générales que celles qui en ont été tirées, et plus voisines des faits observés. En effet, nous trouvons que lorsqu'on a examiné comparativement les sangs artériel et veineux dans les membres, le résultat a été constamment identique : on a toujours trouvé le sang artériel plus chaud que le sang veineux. Le sang qui arrive au membre a donc unanimement été trouvé plus chaud que celui qui en revient.

Maintenant, si au lieu d'observer la température du sang dans les vaisseaux des membres on la prend dans le ventricule droit et dans le ventricule gauche du cœur,

on trouve un résultat contraire toutes les fois que l'expérience a été convenablement faite. (Nous nous expliquerons bientôt sur les conditions qui rendent cette épreuve satisfaisante ou nulle.)

Nous voyons donc déjà, par ces deux catégories d'expériences, que le sang veineux est plus chaud ou moins chaud que le sang artériel suivant les parties où on l'examine; la réponse ainsi formulée aux expériences n'exclurait aucun cas. Tel était l'état de la question lorsque nous avons cru devoir reprendre ces expériences.

Toutefois, avant d'aller plus loin, je dois vous dire que parmi les expériences citées, quelques-unes doivent être expliquées parce qu'elles sont défectueuses par le procédé expérimental employé. Ainsi, le cœur droit et le cœur gauche ayant des parois d'inégale épaisseur, si l'on ouvre les parois de la poitrine pour prendre la température des ventricules, le cœur droit se refroidira beaucoup plus vite que le cœur gauche ; de là une cause d'erreur bien évidente. Les expériences faites sur des animaux morts, ou chez lesquels la circulation est interrompue, sont également mauvaises : il faut, pour que les expériences soient valables physiologiquement, que l'animal soit vivant, que la circulation s'effectue dans les vaisseaux soumis à l'observation, que la poitrine ne soit pas ouverte. Nous insisterons d'ailleurs bientôt sur les précautions à prendre dans ces expériences en vous parlant de celles que nous avons instituées, avec le concours de M. Walferdin, pour examiner ces questions.

L'étude de la température animale devait donc être reprise en entier; les expériences déjà faites devaient

être répétées pour se rendre compte des conditions dans lesquelles elles avaient été instituées et pour donner un sens aux résultats, contradictoires en apparence, qu'il fallait interpréter afin de comprendre pourquoi on obtenait une température respective opposée, lorsqu'on se livrait à l'examen comparatif des deux sangs dans le cœur et à la périphérie.

On s'explique jusqu'à un certain point le refroidissement du sang qui revient des membres. Le sang artériel arrivant dans ces parties, qui offrent une surface considérable par rapport à leur volume, avec une température supérieure à celle du milieu ambiant, se trouve dans les conditions les plus favorables à une déperdition notable de calorique. Cette raison peut rendre compte de la température moindre du sang veineux aux parties périphériques.

Mais comment le sang veineux, plus froid que le sang artériel lorsqu'on l'examine dans les veines des membres, se trouve-t-il être plus chaud lorsqu'on prend sa température dans le cœur droit?

Il faut nécessairement que ce sang veineux se soit échauffé en revenant au cœur. C'est en effet ce qui a lieu : nous allons voir où et comment.

Quand on examine ce qui a lieu dans les différents troncs veineux, en procédant de la périphérie vers le centre, on voit que le sang de la veine cave supérieure ne s'est pas réchauffé dans son trajet centripète ; mais il n'en est pas de même de celui de la veine cave inférieure : celui-ci s'échauffe, et l'excès de calorique qu'il apporte donne à la masse totale du sang qui arrive

au cœur droit une température supérieure à celle du sang du ventricule gauche.

Le sang se refroidit donc dans les organes périphériques; mais, à son retour, il acquiert un excès de chaleur en recevant, sur un point de son trajet, un sang plus chaud qui, non-seulement répare ses pertes, mais encore lui donne une température plus élevée que celle qu'il avait en sortant du cœur gauche. Ce point, où le sang veineux est réchauffé par l'adjonction à sa masse d'un sang plus chaud, est situé dans la veine cave inférieure, au niveau du point où celle-ci reçoit les veines hépatiques qui lui apportent le sang qui vient des organes splanchniques abdominaux, sang deux fois veineux, puisque après avoir parcouru les capillaires de la circulation générale, il a été repris par la veine porte pour alimenter la circulation capillaire du foie. C'est le sang de la vie végétative qui vient, par les veines hépatiques, apporter sa chaleur au sang de la vie animale. En opérant sur l'aorte et la veine cave prises au-dessus du foie, on trouve que le sang aortique possède une température moins élevée que celle du sang de la veine cave. Nous constaterons expérimentalement que c'est bien dans ce point qu'a lieu l'élévation de température.

Vous voyez donc où nous a amené notre manière de critique qui doit être celle de tout observateur sage en présence de résultats contradictoires : il ne doit rien rejeter, rien détruire, mais chercher la raison des divergences entre les résultats observés; là est la solution de la question.

Il est d'ailleurs fort remarquable, comme autre sin-

gularité de l'esprit humain, que la belle théorie de Lavoisier n'était déjà plus admise depuis longtemps dans sa localisation exclusive dans le poumon, alors qu'on persistait cependant toujours à conserver les faits conséquents à cette première localisation. Lagrange, W. Edwards, Magnus, avaient déjà fait des expériences et avaient montré que si le poumon était un foyer de combustion vive, il ne résisterait pas à la chaleur que développerait la combinaison des éléments gazeux qui s'y rencontrent. Si donc on devait admettre une combustion, ce n'était pas une combustion locale et vive, mais une combustion lente et générale. Dans le poumon, il y a surtout échange entre l'oxygène de l'air et l'acide carbonique du sang veineux. Ensuite l'oxygène emporté par le sang artériel dans tous les tissus y produit ces oxydations qui constituent les combustions lentes.

Les considérations qui précèdent étant admises, on a de la peine à comprendre comment on persisterait à admettre, pour soutenir la théorie de Lavoisier, que le sang artériel dans le cœur doit être plus chaud que le sang veineux. C'est justement le contraire qu'il aurait fallu admettre.

Dans la prochaine séance, nous vous donnerons les expériences qui se rapportent à ce sujet et qui montrent que le sang veineux, refroidi dans les extrémités, se réchauffe dans la veine cave inférieure aux dépens du sang veineux abdominal, de façon à devenir plus chaud dans ce point que le sang artériel de l'aorte.

QUATRIÈME LEÇON.

18 DÉCEMBRE 1857.

SOMMAIRE : Observation de la température du sang dans les divers points de son trajet. — Procédé : thermomètres de M. Walferdin. — Procédé opératoire. — Des modifications de température que le sang éprouve en traversant l'appareil digestif. — Expériences.

MESSIEURS,

Dans la dernière séance, nous vous avons rapidement donné un aperçu historique des travaux et des idées sur la température du sang; nous vous avons présenté les faits dans leur ensemble. Vous avez vu que s'il y a des causes de refroidissement extérieur, il doit y avoir une source intérieure de calorique. Vous savez que ce foyer de chaleur intérieure, d'abord placé dans le poumon, ne saurait y être maintenu.

Jusqu'ici nous avons tenu compte de tous les faits, ne nous attachant à rien prouver, mais désireux seulement de nous éclairer. Voyant les observations se partager en deux séries, selon qu'elles avaient été faites sur le cœur ou sur les vaisseaux périphériques, les premières montrant le sang veineux plus chaud que le sang artériel, les autres le sang artériel plus chaud que le sang veineux; nous avons dû chercher la raison de cette différence, et nous avons vu qu'elle tenait à ce que les veines hépatiques apportaient de l'appareil digestif un sang dont la température est plus élevée. Aujourd'hui nous

aborderons l'exposé des faits sur lesquels est basée notre opinion ; mais nous devions d'abord faire la critique des expériences qui ont précédé les nôtres, et montrer qu'elles n'étaient pas comparables entre elles et ne pouvaient ainsi permettre une conclusion générale.

Tous les observateurs qui ont expérimenté sur les vaisseaux périphériques sont d'accord : dans les membres, la température du sang veineux est moins élevée que celle du sang artériel.

Lorsqu'on a expérimenté sur le cœur, on est arrivé à des résultats contradictoires : cela tient nécessairement à ce qu'on n'a pas fait les mêmes expériences. En effet, il est des auteurs qui ont cherché la température du sang dans le cœur, sur des animaux récemment morts, leur ouvrant la poitrine et plaçant dans chacun des ventricules un thermomètre qui devait y séjourner quelque temps. Dans ces conditions, on trouvait que la température du cœur droit était inférieure à celle du cœur gauche d'un cinquième de degré à un degré et plus : ces expériences sont évidemment mauvaises. Je n'insisterai pas sur l'inconvénient qu'il y a à comparer les indications de deux thermomètres ; mais, en ne tenant compte que des conditions relatives au sujet en expérience, il est facile de voir que l'on ne saurait juger de la température du sang physiologique c'est-à-dire constamment en mouvement, en plongeant le thermomètre dans le cœur d'un animal dont la circulation est arrêtée. Une autre condition dont il faut tenir compte est l'inégalité d'épaisseur des parois du cœur ; le refroidissement est beaucoup plus facile et beaucoup plus prompt pour

le cœur droit que pour le cœur gauche. M. George Liebig a cherché à se rendre compte par une expérience de l'importance de cette cause d'erreur, et il est arrivé à des résultats très nets. Son épreuve consista à prendre le cœur d'un chien, à introduire dans les ventricules des thermomètres aussi comparables que possible, et à lier les vaisseaux après avoir rempli le cœur d'eau chaude. Après quoi tout l'appareil était abandonné dans un bain dont il prenait la température; ensuite on le retirait et on le laissait suspendu en l'air. Au bout de cinq minutes, le thermomètre placé dans le ventricule droit est déjà sensiblement plus bas que celui placé dans le ventricule gauche; cette cause d'erreur est d'ailleurs facile à comprendre, et il nous eût suffi de la signaler. Il faut donc toujours prendre la température du cœur sur des animaux vivants dont la poitrine n'est pas ouverte.

Cependant quand bien même le ventricule droit resterait exposé à l'air, le sang y serait encore plus chaud que dans le ventricule gauche, pourvu que la circulation continuât dans le cœur. En effet, Hering en expérimentant sur son veau atteint d'ectopie du cœur, après avoir introduit la cuvette d'un thermomètre entre les fibres des ventricules, trouva les températures suivantes : cœur gauche, 38° 7; cœur droit, 39° 3.

Vous vous expliquerez parfaitement maintenant la constance des résultats observés sur les membres et la divergence des résultats obtenus, lorsque l'observation a porté sur les cavités du cœur.

A ces expériences, que nous avons d'ailleurs répétées,

nous avons ajouté des observations de la température du sang examiné avant et après l'appareil digestif, essayant de nous placer dans les conditions instrumentales et physiologiques les plus satisfaisantes.

Pour mesurer les températures, nous nous sommes servi très souvent des thermomètres de M. Walferdin. Bien qu'une sensibilité extrême de l'appareil ne fût pas toujours d'une grande importance pour nous, nos observations ont été singulièrement facilitées par l'usage de ces instruments qui répondent aux exigences les plus variées de l'expérimentation. Je commencerai par vous les décrire afin que, dans l'exposé de chaque expérience, quand nous en parlerons, vous sachiez avec quel appareil les températures ont été prises; souvent cette simple désignation entraînera avec elle l'indication de la difficulté principale de l'observation, soit que celle-ci ait tenu à des conditions toutes spéciales (difficulté des lectures pour diverses causes), ou à l'extrême ténuité des différences à apprécier.

Vous savez, Messieurs, que le zéro de tout thermomètre à échelle fixe étant sujet à se déplacer, on donne une échelle arbitraire à tous les instruments destinés à accuser avec quelque précision les changements de température : tous les thermomètres de M. Walferdin sont à échelle arbitraire, procédé qui permet seul de corriger les défauts de cylindricité des tubes thermométriques, et donnent, par leur comparaison avec un thermomètre étalon, les températures absolues qui correspondent aux différents degrés notés dans un livre d'observations. Cette condition, destinée à assurer pour

ainsi dire la stabilité de l'instrument, en acceptant et prévoyant les variations qu'il peut éprouver, étant remplie, on cherche à donner à l'appareil la plus grande sensibilité possible. Pour cela, le moyen auquel on doit songer tout d'abord est de donner à la cuvette un volume considérable, afin que les moindres dilatations, portant sur une grande masse de liquide, se traduisent par une élévation plus grande dans la tige graduée. Toutefois, il est impossible de rechercher la sensibilité dans ces conditions : d'abord parce que les instruments ainsi construits seraient, en raison de leurs dimensions, d'un usage impossible dans la plupart des cas ; ensuite parce qu'en raison de la masse plus grande, le liquide exigerait un temps considérable pour prendre la température du milieu en observations, température qu'il pourrait même modifier en lui prenant ou lui cédant de la chaleur.

Dans son *thermomètre métastatique* (fig. 1 AB), que je vous décrirai d'abord, M. Walferdin a tourné très heureusement ces difficultés et est arrivé à construire un appareil d'une grande sensibilité sous un très petit volume et en donnant de petites dimensions à la cuvette. Voici un de ces instruments.

Pour satisfaire à des indications qui semblent en opposition avec la sensibilité de l'instrument, M. Walferdin, en n'employant que des tubes très capillaires, a disposé l'appareil de telle sorte que la quantité du mercure contenu dans la cuvette et la tige capillaire pût être rendue variable. Grâce à cette disposition, on peut avec une tige divisée en 200 parties, qui répondent à

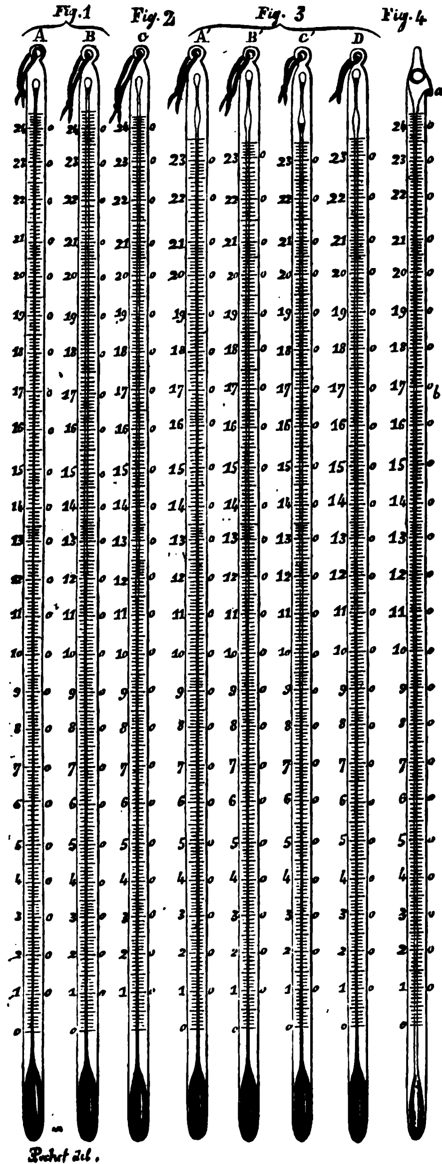


Fig. 1.

dix degrés, par exemple, lire directement $\frac{1}{200}$ de degré, lorsque l'œil est habitué à diviser en dix l'intervalle compris entre deux traits de l'échelle. Quant aux dix degrés compris entre les points extrêmes de la tige capillaire, ils répondront aux degrés compris entre 0 et 10, 10 et 20, 20 et 30, etc., du thermomètre étalon, suivant la quantité de mercure que contiennent la cuvette et la tige de l'instrument.

Si nous avons à prendre, par exemple, une température qu'une épreuve préalable et grossière nous

ait montrée comprise entre 30° et 40°, l'instrument sera plongé dans un bain de 41° à 42°; une certaine quantité de mercure passera alors dans l'ampoule qui est en haut de la tige AB ; puis, par une légère secousse, on brisera la colonne en retirant l'instrument ; une certaine quantité de mercure restera dans l'ampoule et on aura un instrument qui pourra donner à $\frac{1}{100}$ de degré, toutes les températures intermédiaires à 30° et 40°. Pour convertir les indications de cet instrument en degrés d'une échelle fixe, il suffit de déterminer la concordance de deux des points de l'échelle arbitraire avec deux points de l'échelle fixe ; on peut ainsi leur donner un point de départ commun et établir à combien de divisions de l'échelle arbitraire correspond l'intervalle de 1°.

L'instrument ayant ainsi servi aux observations de températures intermédiaires à 30° et 40°, et la réduction de ses indications en degrés de l'échelle centésimale étant faite, on pourra le rendre propre à de nouvelles recherches, soit en rétablissant par une élévation de température la continuité de la masse mercurielle si l'on veut opérer au-dessous de 30°, soit en augmentant par une élévation de température plus considérable la quantité de mercure chassée dans l'ampoule, si l'on veut s'en servir pour mesurer des températures supérieures à 40°.

Cet appareil, si satisfaisant pour les recherches qui exigent quelque précision, ne saurait cependant convenir aux cas où une lecture directe est impossible, comme cela peut arriver lorsque le thermomètre sera plongé profondément dans des cavités du corps, qu'il sera souillé

de sang, etc., ou lorsque ayant à faire parcourir à la cuvette des parties de température différente, on veut obtenir la température maximum de l'observation.

Pour ce cas, M. Walferdin a construit un autre instrument, le *thermomètre maximum*, qui offre l'avantage de donner la température maximum d'une observation mais qui possède une sensibilité moindre que celle du *thermomètre métastatique*.

Le thermomètre maximum (fig. 2 C), est aussi un thermomètre à mercure dans lequel l'étendue de l'échelle correspondant à un degré est encore considérable, quoiqu'elle le soit beaucoup moins que dans l'instrument précédent. Quelque bien construit que soit un thermomètre, il arrive très rarement qu'il ne reste pas une petite quantité d'air dans l'ampoule qui surmonte la tige très capillaire. On parvient à emprisonner cette petite quantité d'air dans l'intérieur de la tige en élevant la température jusqu'à ce que le mercure atteigne la chambre supérieure ; on donne alors une secousse qui détache une parcelle de mercure, puis on chauffe la chambre supérieure à la flamme d'une bougie, de manière à dilater la petite masse d'air et à la faire pénétrer dans la tige où l'on fait rentrer ensuite le mercure qui a été détaché, et la colonne mercurielle se trouve ainsi divisée en deux parties. Lorsqu'on chauffera la cuvette, le mercure qui y est contenu montera dans le tube capillaire, chassant devant lui la bulle d'air au-dessus de laquelle se trouve une petite quantité de mercure; puis, lorsque l'appareil se refroidira, le mercure descendra dans le tube; toutefois la division de la colonne étant opérée

dans ce tube très capillaire, la partie supérieure restera dans le point où elle se trouvait, et qui correspond au maximum de la température observée.

Supposons que le niveau de la colonne supérieure réponde à la division 270, la bulle d'air aura de 1 à 2 divisions par exemple, on saura que la colonne en rapport avec la cuvette aura monté jusqu'à 268 ou 269. Cette dernière indication sera facile à convertir en dégrés centésimaux d'après la connaissance préalable des rapports d'étendue et de concordance qui existent entre ce thermomètre maximé et un thermomètre centigrade.

Après chaque observation ou plutôt avant chaque observation nouvelle, un mouvement rapide de rotation en fronde ou une secousse un peu violente imprimée à l'instrument ramènera facilement la partie supérieure de la colonne à n'être plus séparée de la partie inférieure que par les divisions ou les fractions de divisions qu'occupe la bulle d'air. Cet instrument, moins sensible que le précédent, donne encore facilement le cinquantième de degré.

Bien que ces instruments soient, avec le thermomètre différentiel dont j'aurai à vous entretenir tout à l'heure, les seuls dont nous ayons fait usage dans nos expériences, je dois compléter ce qui leur est relatif par la description d'un petit appareil extrêmement ingénieux qui les résume tous deux, le *thermomètre métastatique à bulle d'air*, dans lequel M. Walferdin a su réunir toutes les qualités du thermomètre maximé à l'exquise sensibilité du thermomètre métastatique.

Cet appareil (fig. 3 A′ B′ C′ D′) est terminé supérieu-

rement par une double chambre. En faisant passer dans la première chambre du mercure, en chauffant la cuvette, on fait un thermomètre métastatique, c'est-à-dire qu'on règle l'instrument à la température dont on a besoin, donnant avec une grande sensibilité les indications intermédiaires à deux points très rapprochés de l'échelle centigrade. La seconde chambre peut recevoir une petite quantité de mercure qui, séparée du reste de la colonne par une bulle d'air, fera de l'appareil un instrument maximé différent du précédent, en ce que ses indications sont susceptibles d'osciller entre deux températures assez rapprochées, mais variables avec la quantité de mercure préalablement logée dans la chambre supérieure. Lorsque l'appareil est bien construit, la colonne de mercure peut alors être brisée par une bulle d'air sans que le mercure contenu dans la chambre supérieure tombe dans la chambre inférieure. Comme les autres ce thermomètre doit être comparé à un thermomètre centigrade, si l'on veut convertir en déterminations absolues ses indications.

Enfin, Messieurs, il me reste à vous parler d'un appareil auquel M. Walferdin a donné le nom de *thermomètre différentiel* (fig. 4), et qui sert à apprécier les différences les plus faibles entre des températures très rapprochées. Le calibre de la tige capillaire est tellement faible que le mercure ne peut plus y être employé; c'est un thermomètre à alcool. Grâce à l'exiguïté de ce calibre on peut, avec un réservoir suffisamment petit, avoir, pour une longueur totale de l'appareil de 20 à 25 centimètres, une échelle de 2 à 3 degrés seulement qui,

divisée en 350 ou 500 parties, donne facilement à la lecture le millième de degré.

L'appareil est réglé à une température voisine de celle des observations différentielles à faire, observations dont le plus grand écart ne doit pas dépasser la course de la colonne d'alcool. Les indications sont fournies par une petite bulle de mercure qui, située à la partie supérieure de la colonne d'alcool dont on veut suivre la dilatation, en traduit aux yeux les oscillations.

Pendant une même série d'observations, dont les différences rapportées par l'observation directe à un étalon centigrade peuvent donner des valeurs absolues, il est nécessaire que l'appareil reste le même, c'est-à-dire que la bulle de mercure ne soit pas chassée dans l'ampoule supérieure et qu'elle ne tombe pas dans la cuvette. Pour cela, on devra, dans l'intervalle des observations d'une même série, maintenir l'instrument à une température telle que la bulle de mercure ne dépasse pas les extrémités supérieure ou inférieure de la tige capillaire.

Lorsque la bulle de mercure est tombée dans la cuvette, le thermomètre a besoin d'être réglé de nouveau. Pour ramener, dans ce cas, la bulle de mercure dans le tube, on renverse l'appareil, on chauffe la cuvette; la bulle passe alors dans le tube, puis dans l'ampoule supérieure où un diverticulum la reçoit jusqu'à ce qu'un refroidissement convenable ait fait redescendre assez d'alcool pour que le thermomètre fonctionne entre des limites données.

En terminant cet exposé des appareils si ingénieux de

M. Walferdin, je dois vous faire remarquer que les derniers sont des instruments très délicats, d'une construction difficile qui ne saurait être confiée au premier artiste venu. La facilité que le thermomètre métastatique offre à l'observateur, d'avoir sous un petit volume un appareil très sensible et pouvant fonctionner à des températures assez différentes, en fait l'instrument le plus avantageux pour les recherches thermométriques, et particulièrement pour celles qui ont trait aux phénomènes physiologiques.

Nous avons fait, sur l'appareil digestif, des expériences par un procédé que nous allons d'abord vous indiquer.

Ce procédé expérimental se présente très simple, et il consiste à prendre simultanément dans les vaisseaux la température du sang qui entre dans un organe et la température du sang qui sort de ce même organe. Par la comparaison, on appréciera directement les modifications calorifiques en plus ou en moins que le sang aura subies en traversant le tissu organique que l'on observe.

Malgré l'apparente simplicité de ce procédé expérimental, on concevra cependant qu'elle soit entourée d'un grand nombre de difficultés très sérieuses. Telles sont, par exemple, la faiblesse des différences de température que l'on a à observer, les difficultés inhérentes à l'emploi des instruments thermométriques sur les animaux vivants, en même temps que les troubles que l'on apporte dans les conditions physiologiques générales des fonctions et dans les états physiques des organes que l'on met souvent à nu, etc. Toutes ces circonstances, qui trahissent l'imperfection de nos méthodes actuelles d'in-

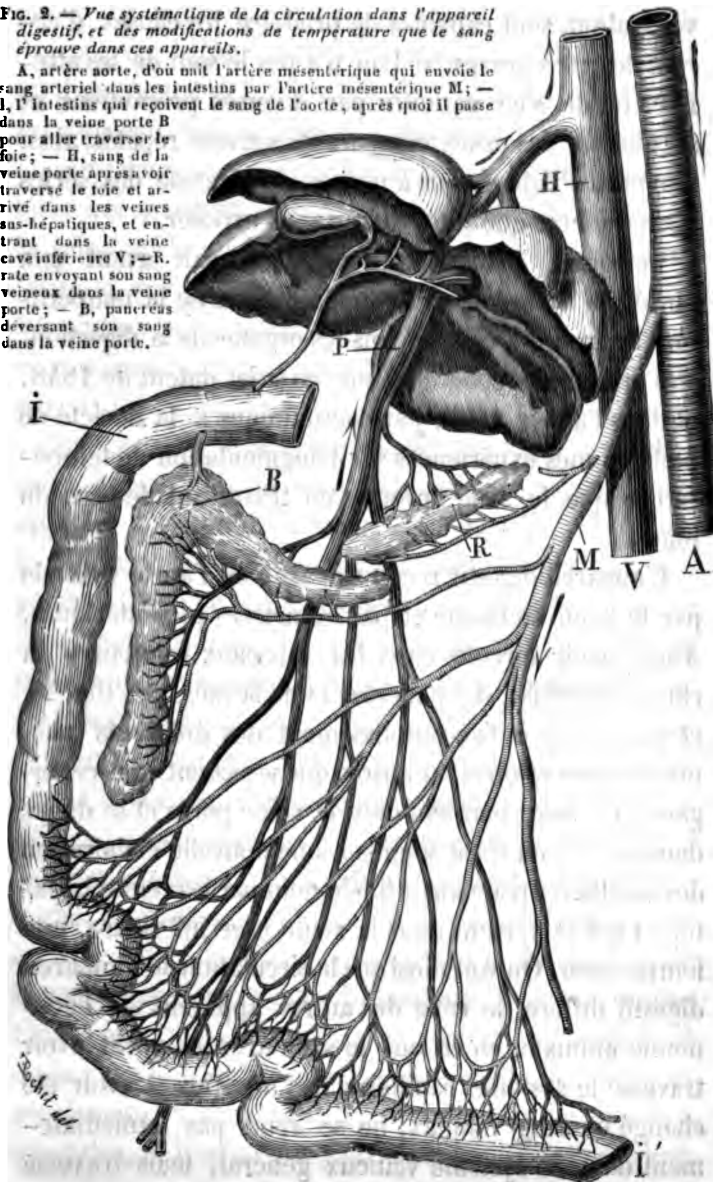


Fig. 2. — *Vue systématique de la circulation dans l'appareil digestif, et des modifications de température que le sang éprouve dans ces appareils.*

A, artère aorte, d'où naît l'artère mésentérique qui envoie le sang artériel dans les intestins par l'artère mésentérique M; — I, l' intestins qui reçoivent le sang de l'aorte, après quoi il passe dans la veine porte B pour aller traverser le foie; — H, sang de la veine porte après avoir traversé le foie et arrivé dans les veines sus-hépatiques, et entrant dans la veine cave inférieure V; — R, rate envoyant son sang veineux dans la veine porte; — B, pancréas déversant son sang dans la veine porte.

vestigation, sont capables de produire les causes d'erreur les plus graves, si l'on n'a pas le soin de les atténuer ou de s'en garantir par diverses précautions et surtout par des essais comparatifs souvent répétés, ainsi que nous l'indiquerons à propos de chacune des séries d'expériences que nous allons vous exposer.

Personne, à ma connaissance, n'avait avant moi porté son attention sur les modifications de la température du sang qui circule dans les organes de la digestion. Mes premières recherches sur ce sujet datent de 1848, et dans l'année 1849, j'ai communiqué à la Société de biologie mes expériences sur l'augmentation de température que le sang éprouve en traversant le tissu du foie.

L'appareil digestif reçoit son sang de l'aorte ventrale par le tronc cœliaque et par les artères mésentériques. Après avoir circulé dans les vaisseaux capillaires du canal intestinal, du pancréas et de la rate, etc. (fig. 2), et avoir servi à l'accomplissement des différents phénomènes sécrétoires ou autres qui se passent dans ces organes, ce sang parvient dans la veine porte et se dirige dans le foie, où il est soumis à une nouvelle élaboration des capillaires pour sortir finalement par les veines hépatiques qui le versent dans la veine cave inférieure, non loin du cœur. On voit ainsi que la circulation de l'appareil digestif diffère de celle des autres appareils de l'économie animale, en ce que le sang artériel, après avoir traversé le système capillaire des intestins et avoir été changé en sang veineux, ne se rend pas immédiatement dans le système veineux général, mais traverse

encore un autre système de vaisseaux capillaires, celui du foie, qui le rend encore veineux de nouveau avant qu'il parvienne dans le cœur. Nous aurons donc dans cet appareil, par exception, à examiner la température du sang dans trois ordres de vaisseaux : 1° dans les artères qui amènent le sang au canal intestinal; 2° dans la veine porte qui contient le sang qui a traversé l'intestin et qui le dirige vers le foie; 3° dans les veines hépatiques qui se rendent dans la veine cave inférieure et contiennent le sang qui a traversé la totalité de l'appareil digestif.

Pour prendre la température du sang dans ces différents vaisseaux, il est convenable d'une part de ne pas apporter des troubles considérables dans la circulation locale, et d'autre part, de ne pas trop découvrir les organes, afin de ne pas les exposer à des causes de refroidissement artificiel. Le procédé qui m'a paru être le moins sujet aux inconvénients que je viens de signaler est le suivant :

L'animal étant convenablement maintenu, on pratique dans l'hypochondre droit une incision oblique, étendue depuis l'articulation de la dernière côte à la colonne vertébrale jusqu'au bord externe du muscle droit abdominal, au niveau de la crête de l'os des iles. Lorsqu'on est arrivé dans la cavité abdominale, il faut empêcher l'éventration d'avoir lieu et maintenir le paquet intestinal refoulé du côté gauche. On aperçoit alors au fond de la plaie le tronc de la veine cave ainsi que les veines rénales qui s'y abouchent. Le rein droit est très facile à atteindre, et il se trouve placé dans l'angle le plus élevé

de la plaie et comme couché sur l'articulation de la dernière côte. Dans le fond de la même plaie se rencontre encore, parallèlement au tronc de la veine cave inférieure et à gauche d'elle, l'aorte ventrale, que l'on reconnaît très facilement par ses battements, mais dont le calibre est masqué par du tissu cellulaire et par un grand nombre de rameanx nerveux qui l'entourent. Enfin on aperçoit à droite et en haut, au-dessous de l'anse du duodénum, les veines mésaraïques principales qui remontent vers le tronc de la veine porte qui est situé au-dessous du foie.

Pour obtenir, à l'aide de ce procédé, la température du sang artériel qui entre dans l'appareil digestif, il faut prendre cette température, non pas dans les artères mésentériques, ce qui est impraticable en général à raison de l'exiguïté des vaisseaux, mais il faut aller la constater dans l'aorte ventrale, au niveau de l'émergence du tronc cœliaque et de l'artère mésentérique. Pour avoir la température du sang qui sort des intestins, il faut la prendre dans le tronc de la veine porte. Enfin, pour constater la température du sang qui sort du foie, il faut arriver jusqu'aux veines hépatiques en pénétrant par la veine cave inférieure.

Lorsqu'on a affaire à des animaux (chiens) de forte taille, on peut parvenir dans les différents vaisseaux que nous venons de nommer sans troubler notamment la circulation. Voici alors comment on s'y prend : on attire le rein droit qui se trouve placé à découvert, on isole avec précaution les vaisseaux rénaux et on les entoure de ligatures convenablement placées pour empê-

cher l'écoulement du sang. Par une incision pratiquée à la veine rénale, on fait pénétrer le thermomètre dans la veine cave inférieure, puis on le pousse en haut jusqu'à ce qu'il soit arrivé au niveau de l'abouchement des veines hépatiques ; on peut même faire pénétrer la cuvette du thermomètre dans ces veines par une manœuvre convenable, qui consiste à incliner au même moment le corps de l'animal de droite à gauche.

Ensuite, au moyen d'une incision pratiquée à l'artère rénale, on arrive de même dans l'aorte ventrale, très près du lieu d'émergence du tronc cœliaque et de l'artère mésentérique. Il ne reste plus alors que le tronc de la veine porte, dans lequel on arrive facilement par la veine duodénale qui sert à introduire le thermomètre jusque dans le tronc de la veine, au-dessous du foie.

Dans ce premier procédé qui vient d'être décrit, le thermomètre pénètre, à l'aide de rameaux vasculaires collatéraux, jusque dans les troncs où la cuvette de l'instrument se trouve entourée de tous côtés par une quantité de sang assez considérable pour être isolée des parois des vaisseaux. Mais lorsque les animaux (chiens) sont de moyenne ou de petite taille, il devient impossible de pénétrer dans les troncs vasculaires au moyen de branches collatérales, ainsi que nous venons de le dire, et il faut se résigner à entrer directement dans la veine cave, dans la veine porte et dans l'aorte : ce qui nécessite ensuite l'application de ligatures qui interceptent plus ou moins complétement la circulation dans ces vaisseaux. Toutefois il est possible de placer ces ligatures de telle façon, qu'elles aient le moins d'influence

fâcheuse possible sur la circulation intestinale. Pour cela, je pénètre dans l'aorte au-dessous de l'émergence des artères rénales, puis je dirige la cuvette du thermomètre jusqu'au niveau du tronc cœliaque et de l'artère mésentérique pour obtenir ainsi la température du sang artériel qui va se distribuer dans l'appareil digestif. On voit de cette manière que la circulation ne se trouve interceptée qu'au-dessous de la ligature, et qu'elle reste libre au-dessus dans les vaisseaux qui vont aux organes digestifs. En pénétrant de même dans le tronc de la veine cave inférieure au-dessous des veines rénales, on ne gêne la circulation que dans les membres postérieurs, mais aucunement dans les veines hépatiques. Il est plus difficile, dans ce second procédé, d'arriver à pénétrer dans le tronc de la veine porte sans porter atteinte à la circulation intestinale. Cependant on ne peut la modifier que partiellement en faisant la ligature de la veine porte au-dessous de l'abouchement des veines splénique, stomachique et duodénale. Il reste alors l'estomac et une assez grande étendue de la portion supérieure de l'intestin grêle, dans lesquels la circulation s'accomplit encore très bien et ramène le sang dans la partie supérieure du tronc de la veine porte. Enfin, pour atténuer autant que possible ces inconvénients inévitables, on s'arrangera de manière à ne prendre la température du sang dans la veine porte qu'après l'avoir prise dans les autres vaisseaux.

Dans les nombreuses expériences que j'ai pratiquées par les deux procédés décrits, j'ai acquis la certitude qu'à part certaines influences que la ligature de ces

gros troncs vasculaires peut avoir sur la température absolue du sang, influences sur lesquelles nous reviendrons plus tard, elle ne modifie pas notablement les températures relatives; et ce qui le prouve, c'est que j'ai obtenu sensiblement les mêmes rapports entre les températures des divers vaisseaux de l'appareil digestif, en opérant alternativement par les deux procédés décrits précédemment. Il est à peine utile d'ajouter que, dans toutes ces expériences, il faut agir avec célérité, afin d'éviter le refroidissement des organes sur lesquels on expérimente et d'empêcher que l'organisme de l'animal ne se modifie trop par les fatigues de l'opération. Il arrive, en effet, quelquefois chez les animaux affaiblis par la durée de l'expérience, que la température du corps s'abaisse; et il faut être bien prévenu de cette circonstance, afin que l'on ait soin de ne comparer entre elles que celles des observations de température faites dans des vaisseaux différents au même moment de l'expérience. Il y a même plus: c'est que dans les mouvements violents d'agitation, il peut survenir des conditions circulatoires telles, qu'elles entraînent des modifications de température très notables. Les causes de ces modifications nous occuperont plus tard, mais nous n'en tiendrons pas compte aujourd'hui dans les résultats de nos expériences, qui ont été obtenus seulement pendant que l'animal était calme et que la circulation était aussi normale que possible.

J'ai toujours fait mes expériences comparatives avec un même thermomètre qui était plongé successivement dans les différents vaisseaux. J'ai suivi cette méthode,

qui est généralement recommandée, parce qu'en effet il est bien préférable, pour comparer ses résultats, de ne pas avoir à tenir compte des différences qui peuvent se rencontrer dans les instruments d'observation que l'on emploie. Je dois toutefois faire remarquer que, dans les expériences faites sur les animaux vivants, cette méthode n'a plus les mêmes avantages; et il serait infiniment plus convenable d'avoir, si cela était possible, deux thermomètres bien comparables qui fussent au même instant plongés dans les deux sangs dont on veut comparer la température. Il peut arriver en effet, dans ce milieu si mobile constitué par l'organisme vivant, que pendant le temps, si court qu'il soit (et il exige toujours une ou deux minutes), qui sépare deux observations successives, il survienne des modifications passagères capables d'influencer notablement la température du sang, suivant que l'animal est calme ou agité, suivant qu'il s'affaiblit ou qu'il souffre, etc. C'est pour cela qu'il ne faut jamais se contenter d'une seule observation ; il faut revenir plusieurs fois dans les mêmes vaisseaux en rendant inverse l'ordre des observations, afin de s'assurer que le résultat différentiel que l'on a obtenu n'est pas accidentel.

La cuvette du thermomètre ordinaire dont je me suis le plus ordinairement servi avait de 4 à 5 millimètres de diamètre et de 2 à 3 centimètres de long. Le volume de cette cuvette ne gênait pas la circulation dans les vaisseaux où on la plaçait, et ses parois très minces permettaient au thermomètre d'avoir une grande sensibilité. Chaque degré centésimal du thermomètre était divisé en

cinquièmes, dont il était facile d'apprécier la moitié, c'est-à-dire un dixième de degré. Enfin, j'ajouterai que la cuvette du thermomètre était toujours plongée profondément dans des parties qui n'avaient pu être refroidies par le contact de l'air. C'est ainsi que les veines hépatiques, la veine porte, le tronc cœliaque et l'artère mésentérique, dans lesquels j'avais à observer la température du sang, se trouvent également placés contre la colonne vertébrale, à peu près au niveau du diaphragme, dans des conditions identiques de protection contre le refroidissement extérieur.

Maintenant, après avoir exposé aussi exactement que possible la marche suivie dans les expériences, je vais vous en donner les résultats, que j'ai groupés dans trois tableaux qui correspondent aux trois ordres de vaisseaux de l'appareil digestif.

Le premier tableau donne les résultats de la comparaison de la température du sang avant et après l'appareil digestif, c'est-à-dire dans l'*aorte ventrale* et dans les *veines hépatiques*.

Le deuxième tableau donne la température comparative du sang avant et après l'intestin, c'est-à-dire du *sang artériel aortique* et du sang de la *veine porte*.

Le troisième tableau donne les résultats de l'examen comparatif de la température du sang avant et après le foie, c'est-à-dire du sang de la *veine porte* et de celui des *veines hépatiques*.

Observations faites sur la température du sang dans l'appareil digestif.

Ier TABLEAU.

TEMPÉRATURE DU SANG COMPARÉE DANS L'AORTE ET DANS LES VEINES HÉPATIQUES. (Avant et après l'appareil digestif.)

	AORTE (avant l'appareil digestif).	VEINES HÉPATIQUES (après l'appareil digestif).	DIFFÉRENCES.	OBSERVATIONS.
	°	°	°	
1er chien	40,3	40,6	+0,3	A jeun.
2e »	40,3	40,9	+0,6	En digestion.
3e »	39,4	39,6	+0,2	A jeun 2 jours.
4e »	39,6	39,9	+0,3	En digestion.
5e »	39 4	39,6	+0,2	Digest., affaibli.
6e »	38,6	38,9	+0,3	En digestion.
7e »	41,0	41,6	+0,6	Fin dig., vigour.
8e »	40,0	40,2	+0,2	Début digestion.
9e »	39,5	40.0	+0,5	»
10e »	40.0	40,7	+0.7	A jeun, vigour.
11e »	41,0	41,6	+0,6	Digest., vigour.
12e »	39,0	39,6	+0 6	A jeun, alcool.
13e »	37,6	38,4	+0,8	A jeun 4 j., éther.
14e »	38,7	39,6	+0,9	Digest., vigour.
15e »	38,4	39,4	+1,0	Petite taille.
16e »	37,5	38,2	+0,7	Affaibli.
17e »	37.1	38,7	+0,6	Affaibli.
18e »	38,7	38,9	+0,2	A jeun, vigour.

IIe TABLEAU.

TEMPÉRATURE DU SANG DANS L'AORTE VENTRALE ET DANS LA VEINE PORTE. (Avant et après l'intestin.)

	AORTE (avant l'intestin).	VEINE PORTE (après l'intestin).	DIFFÉRENCES.	OBSERVATIONS.
	°	°	°	
1er chien	39,6	39,8	+0,2	Digestion.
2e »	40,3	40,7	+0,4	Digestion.
3e »	39,4	39,5	+0,1	A jeun.
4e »	39,5	39,7	+0,2	Digestion.
5e »	40,9	40,6	−0,3	Digestion.
6e »	40,3	40,2	−0,1	A jeun, a bu.
7e »	38,6	38,6	0,0	Digestion.
8e »	39,9	39,5	−0,4	Début, digestion.
9e »	39,4	39,3	−0,1	A jeun 2 jours.
10e »	40,0	40,2	+0,2	A jeun.
11e »	39,0	39.4	+0,4	A jeun.
12e »	37,6	38,0	+0,4	A jeun.
13e »	38,7	39.2	+0,5	Fin de la digest.
14e »	37,5	37,8	+0,3	»
15e »	38,7	38,8	+0,1	A jeun.

IIIe TABLEAU.

TEMPÉRATURE DU SANG COMPARÉE DANS LA VEINE PORTE ET DANS LES VEINES HÉPATIQUES. (Avant et après le foie.)

	VEINE PORTE (avant le foie).	VEINES HÉPATIQUES (après le foie).	DIFFÉRENCES.	OBSERVATIONS.
	°	°	°	
1er chien	40,2	40,6	+0,4	A jeun.
2e »	41,3	41,5	+0,2	A jeun.
3e »	40,6	40,9	+0.3	En digestion.
4e »	40,7	40,9	+0,2	A jeun.
5e »	39,4	39,6	+0,2	A jeun.
6e »	39,8	39,9	+0,1	Digest. affaibli.
7e »	39,5	39,6	+0,1	A jeun.
8e »	38,6	38,9	+0,3	Digest., affaibli.
9e »	39,5	40,2	+0,7	Digestion.
10e »	39,6	39,8	+0,2	Digestion.
11e »	40,2	40,7	+0,5	A jeun.
12e »	39,7	41,3	+0,8	Digest. vigour.
13e »	39,4	39,6	+0,2	A jeun 4 jours.
14e »	37,8	38,4	+0,6	A jeun 4 jours.
15e »	39,3	38,8	+0,5	Digest., féculents.
16e »	39,6	39,7	+0,1	Digestion.
17e »	35,0	35,2	+0,2	Après la mort. respir. artific.
18e »	37,8	38,2	+0,4	»
19e »	38,8	38,9	+0,1	A jeun.

A l'inspection de ces trois tableaux, on constate qu'il y a un accroissement constant de la température du sang dans tout son trajet à travers l'appareil digestif, et en même temps on peut voir la part que l'intestin et le foie prennent à cet accroissement.

Il serait tout à fait illusoire et même erroné de tirer des valeurs moyennes des nombres consignés dans les tableaux précédents, parce que les animaux que l'on a observés se trouvant dans des conditions souvent différentes, ne sont pas exactement comparables entre eux. Ce sont les observations faites sur les vaisseaux différents du même animal qui sont seules comparables, et c'est seulement de ces comparaisons que nous déduirons les conséquences.

On peut voir en outre par l'inspection des résultats contenus dans le premier tableau *que le sang, à sa sortie de l'appareil digestif*, après avoir traversé les deux systèmes capillaires sanguins, celui de l'intestin et celui du foie, *se trouve constamment plus chaud qu'à son entrée.* Un fait montre qu'on ne se trompait pas dans ces observations. Plaçant le thermomètre au-dessous du foie, on trouve une certaine température; à mesure qu'on enfonce le thermomètre plus avant, la température est plus élevée. Peut-on dire que cela tient à ce que l'instrument a pénétré plus profondément? — Non, car en le poussant plus avant encore et le rapprochant de l'oreillette droite, la température baisse; et cela parce que du sang plus froid se mêle à celui qui vient du foie.

Les états d'abstinence ou de digestion, qu'il paraissait si important *à priori* de comparer entre eux, ne sem-

blent pas apporter de grandes modifications dans le résultat constant que nous venons de signaler, et souvent la différence de température s'est montrée plus fort chez des animaux à jeun.

Le deuxième tableau donne les changements de température que le sang éprouve en traversant le système capillaire seul de l'intestin. On voit d'une manière générale que la température s'accroît. Cependant il y a quelques observations dans lesquelles il y a eu égalité ou même un léger abaissement de température. Ces particularités s'expliquent facilement parce que la membrane muqueuse de l'intestin est en réalité une surface extérieure sur laquelle peuvent se rencontrer, par suite de l'ingestion alimentaire, des substances venues du dehors et parfois susceptibles d'apporter un refroidissement qui se communique nécessairement au sang qui circule dans ces parties.

Le troisième tableau montre les modifications de température que le sang éprouve en traversant le tissu capillaire hépatique seul. Ici il y a un accroissement constant dans la température du liquide sanguin, et, en examinant les chiffres des différences, on voit que cet accroissement de température est relativement très fort.

En résumé, les expériences dont les résultats sont contenus dans ces tableaux établissent :

1° Que l'appareil digestif fait éprouver au fluide sanguin un réchauffement constant, de telle sorte que dans cet appareil le sang veineux est plus chaud que le sang artériel.

2° Que le sang qui sort de l'appareil digestif par les

veines hépatiques est une source constante de calorification pour le sang qui va au cœur par la veine cave inférieure. Nous pouvons même ajouter dès à présent que c'est la principale; car nulle part dans le système circulatoire le sang n'est aussi chaud que dans les veines hépatiques, et nos tableaux d'expériences montrent que chez nos animaux les plus vigoureux cette température a pu atteindre 41°,6 centigrades.

3° Parmi les organes qui concourent au réchauffement du sang dans l'appareil digestif, le foie occupe le premier rang. D'où il résulte que cet organe doit être considéré comme un des foyers principaux de la chaleur animale.

Nous vous donnons ici avec leurs détails un certain nombre d'expériences qui ont servi à établir les données précédentes. D'autres expériences nous ont également servi dans cette appréciation ; mais ayant été faites en même temps à d'autres points de vue, elles seront mieux placées ailleurs.

Exp. (21 novembre 1854). — Chienne de forte taille, bien portante, en digestion. On prit la température du sang en plongeant toujours le thermomètre dans les vaisseaux à une même profondeur, et en procédant dans l'ordre qui suit :

1° Veine jugulaire droite.

On se servit du rameau veineux externe auriculaire, et par ce rameau on poussa le thermomètre dans le tronc de la veine où le cours du sang n'était pas interrompu, le rameau auriculaire étant seul lié ; on avait surtout le sang qui revenait par la maxillaire interne.

La température obtenue fut 37°,7.

2° Artère carotide droite.

Le vaisseau avait été mis à découvert avant de prendre la température de la veine. On eut pour la température de l'artère, le thermomètre étant poussé du côté du cœur, 38°,5.

3° Veine jugulaire droite.

On prit alors de nouveau la température dans ce vaisseau ; elle oscillait entre 37° et 37°,4.

4° Alors on soumit l'animal à l'inhalation du chloroforme, et, lorsque l'anesthésie fut complète, on retrouva la température dans la veine jugulaire 37°, dans l'artère carotide, oscillations entre 38°,9 et 39°.

5° On ouvrit alors l'abdomen sur la ligne blanche, et on saisit le tronc de la veine porte au-dessous du foie et au-dessous de l'abouchement des veines stomacale, splénique et duodénale, de façon que la circulation du sang continuât dans cette partie de la veine. La veine porte fut liée par en bas.

Le thermomètre engagé dans la veine porte oscillait lentement entre 39°,2 et 39°,4.

6° Par une autre incision faite dans le flanc droit, on découvrit la veine cave sous laquelle on passa *au-dessus* des veines rénales, un fil qu'on ne lia pas ; puis on incisa le tronc de la veine *au-dessous* des veines rénales ; on introduisit le thermomètre et on posa une ligature au-dessous de l'ouverture faite à la veine, pour empêcher l'écoulement du sang qui arrivait par en bas. Le réservoir du thermomètre fut laissé d'abord au niveau de l'abouchement des veines rénales pendant qu'on soulevait le vaisseau avec le fil d'attente, de manière

que le sang stagnât et gonflât la veine. On obtint ainsi 39°,5.

7° On mit alors le thermomètre dans la veine porte; il donna 39°.

8° On replaça le thermomètre dans les veines rénales et particulièrement dans la veine rénale gauche (de ce côté le rein était protégé contre le refroidissement); on trouva 39°.

9° En retirant le thermomètre dans la veine cave, au niveau de l'abouchement de la veine rénale, et la circulation n'étant plus gênée, on eut 38°,9.

10° On introduisit alors le thermomètre dans la veine cave, de haut en bas, dans la partie où le sang était retenu, et on eut 38°,5.

11° On revint à la veine porte dont la température avait beaucoup baissé, 37°,2.

Le ventre était ouvert assez largement, la circulation troublée; de sorte que ces dernières observations sont peu concluantes. Le chien était toujours chloroformé.

12° On incisa alors la veine cave à son entrée dans le foie, et on eut 38°,0.

Mais il y eut, au moment de l'incision, pénétration d'air.

13° On revint aux veines rénales qui donnèrent 38°.

14° On plaça le thermomètre dans l'artère iliaque primitive, 38°,4.

Exp. (25 décembre 1855). — Gros chien, en pleine digestion.

Une incision fut faite dans le flanc droit et on passa des fils d'attente, 1° au-dessous de la veine porte; 2° sous la

veine porte; 3° au-dessous et au-dessus des veines rénales. A mesure qu'on prenait les températures on liait les veines; les températures furent prises dans l'ordre suivant, et observées parallèlement avec un thermomètre maximé, à échelle arbitraire de M. Walferdin, et avec un thermomètre ordinaire.

	Therm. maximé.	Therm. ordinaire
1° Veine porte du côté de l'intestin (circulation arrêtée)	30°,32	39°, 1
2° Veine porte du côté du foie (circulation continuant).	30,30	39, 3 / 39, 2 / 39, 1
3° Veine porte du côté de l'intestin.	29,95	39, 1
4° Veine cave inférieure, par en bas, au-dessous des reins.	29,83	38, 8
5° Veine cave, vis-à-vis les veines rénales.	29,95	38, 6
6° Veine rénale droite.	29,95	38,64
7° Veine cave inférieure, au-dessus des veines hépatiques.	30,00 / 30,00	39, 1
8° Veine porte, par en bas	29,80	38, 8

On cessa alors les observations avec le thermomètre ordinaire. On continua avec le thermomètre maximé seul.

9° Veine porte, par en haut	29°,90
10° Veine cave au-dessus du foie.	30,00
11° Id.	29,70
12° Veine cave, par en bas.	29,60
13° Veine rénale gauche.	29,60
14° Veine cave au-dessus du foie.	29,60

L'expérience dura environ quatre heures. L'animal était très affaibli vers la fin et le sang des veines rénales, qui était rutilant au début de l'expérience, était devenu noir vers la fin.

Exp. (22 février 1855). — Petit chien à jeun depuis vingt-quatre heures et ayant eu les nerfs vagues coupés.

Les nerfs étaient coupés depuis vingt heures et l'animal était malade.

On fit l'incision sur le flanc droit, comme à l'ordinaire; les températures furent prises rapidement : veine porte, 36°,2; veines hépatiques, 36°,0 (c'est l'inverse de l'état normal).

Le sang était noir dans les veines rénales. Lorsqu'on ouvrit la veine cave, un peu d'air pénétra dans le vaisseau. Cette pénétration a paru s'effectuer plus facilement chez cet animal dont les vagues étaient coupés, que cela n'a lieu chez les chiens qui sont dans les conditions normales.

Exp. (9 janvier 1855). — Gros chien dont l'état des fonctions digestives n'a pas été noté. L'abdomen fut ouvert par une incision pratiquée dans le flanc droit.

L'expérience fut commencée à 2 heures 45'; on découvrit les vaisseaux et on passa au-dessous d'eux des ligatures. Le sang était rutilant dans les veines rénales, noir dans la veine porte et dans la veine cave.

On prit alors les températures dans l'ordre suivant, avec un thermomètre maximé (n° 225).

3 h.	2 m.	Veine porte du côté de l'intestin. . . .	291,00 ; l'animal gémit et fait des efforts.
3	17	Veine cave au niveau du foie	291,60 ; respiration accélérée.
3	27	Veine cave au niveau du foie.	292,00.
3	33	Veine porte du côté de l'intestin	290,80.
3	40	Veine cave au niveau des veines rénales..	288,00 ; on tire du sang rutilant des veines rénales ; l'animal est affaibli.
3	47	Veine porte (on retire du sang)	289,00 ; l'animal est très affaibli.
3	52	Veine cave, au niveau du foie.. . . .	288,50 ; animal très affaibli.

3 h. 58 m. Veine cave du côté des membres. . . . . 285,90.
4 Veine cave dans le foie . . . . 289,00 ; on a incliné le corps pour entrer dans la veine hépatique.

Exp. — Chien à jeun depuis deux jours, déjà affaibli par des expériences antérieures. On fit les observations dans l'ordre suivant :

L'opération était commencée depuis 2 heures 25 minutes.

3 h.	5 m.	Veine cave, au niveau des veines hépatiques. .	38°,40
3	12	Veine porte, partie périphérique.	38,28
3	17	Veine hépatique, par la veine cave.	38,40
3	18	Veine rénale gauche (sang très rouge)	38,20
3	20	Veine sus-hépatique	38,40
3	25	Veine cave, par en bas.	37,30
3	30	Veine porte, du côté de l'intestin.	38,10
3	34	Veine porte, vers le foie	37,90
3	37	Veine sus-hépatique (foie)	38,20
3	42	Veine cave supérieure	37,40
3	45	Oreillette droite	38,20 38,00
3	47	Ventricule droit.	38,20
3	50	Veine hépatique.	38,10
3	53	Veine cave au-dessous du diaphragme. . . .	38,20
8	55	Veine hépatique	38,20
3	59	Veine porte, par en bas	37,80
4	1	*Id.*	37,46
4	10	Artère aorte au niveau des artères rénales (aorte est liée).	37,50
4	15	Veine cave au niveau du foie.	37,60
4	20	Veine cave par en bas (aorte liée)	36,60
4	23	Veine cave supérieure (au niveau du cœur) .	37,60

Exp. (17 février 1856). — Petit chien en digestion. Les observations thermométriques ont été faites par le procédé ordinaire et dans l'ordre suivant :

2 h.	25 m.	Veine porte du côté de l'intestin.	39°,60
2	33	Veine cave au niveau des veines hépatiques..	39,65

2 h.	35 m.	Veine cave, th. poussé plus haut, vers le cœur.	39,44
2	37	Veine cave au niveau des veines hépatiques. .	39,60
2	47	Veine cave du côté des membres inférieurs. .	38,45
2	55	Aorte ventrale.	38,42

Exp. (25 février 1855). — *Chien empoisonné par le curare; on pratique la respiration artificielle.*

A 11 heures 55 minutes, un chien de forte taille, en digestion de viande, reçut un fragment de curare sous la péau. Au bout de 10 minutes il tomba et perdit peu à peu le mouvement volontaire et la sensibilité.

A 12 heures 2 minutes on fit la trachéotomie pour pratiquer la respiration artificielle. Bientôt la salivation devint abondante; les larmes coulaient; l'urine s'écoulait et contenait du sucre à 1 heure 45 minutes.

A 1 heure 45 minutes, l'insufflation ayant été continuée, on prit les températures par le procédé ordinaire et dans l'ordre suivant :

1 h.	47 m.	Veine porte.	35
1	51	Veine rénale	35
1	54	Veine cave, au niveau des veines hépatiques	35,2
1	57	Veine cave au niveau du cœur	35,1
1	58	Veine cave inférieure, thermomètre poussé jusque dans la veine cave supérieure.	34,8
1	59	Veine cave au niveau des veines hépatiques.	35,2
2		Veine cave du côté des membres inférieurs	34,8
2	3	Veine porte du côté des intestins	34,8

Dans toutes ces observations, on ne retira pas le thermomètre de la veine cave; on ne faisait que l'enfoncer ou le retirer pour le mettre au niveau des points à observer.

A 2 heures 35 minutes, on constata encore du sucre dans l'urine.

Au commencement de l'expérience, lorsqu'on découvrit les veines abdominales, on vit que le sang des veines rénales était rouge; mais bientôt après il devint noir. Les battements du cœur continuaient, mais ils étaient devenus très rapides.

Exp. (3 mars 1855). — Chien empoisonné par le curare. État digestif non indiqué.

A 11 heures, on mit le poison sous la peau. A 11 heures 20 minutes l'animal était mort; on commença l'insufflation qui fut pratiquée jusqu'à 1 heure 17 minutes. Alors, continuant la respiration artificielle, on prit les températures par le procédé ordinaire et dans l'ordre suivant :

1 h.	17 m.	Veine porte du côté des intestins.	35°,50
1	25	Veine cave inférieure au niveau des veines hépatiques.	35,80
1	27	Veine cave inférieure au-dessous du diaphragme. . .	35,65
1	30	Veine rénale.	35,60
1	32	Veine cave inférieure du côté des membres inférieurs.	35,20
1	35	Veine jugulaire droite jusque dans le cœur	35,95
1	43	Veine cave inférieure au niveau des veines hépatiques	36,00
1	47	Aorte (animal mourant).	35,43

Exp. (2 mars 1855). — Gros chien nourri, depuis deux jours, d'aliments qui contenaient une grande quantité de matière féculente. Les températures furent prises par le procédé ordinaire et dans l'ordre suivant :

2 h.	25 m.	Carotide gauche, bout central	39°.05
2	30	Veine jugulaire gauche, bout périphérique.. 37,80 à	37,60
2	40	Veine jugulaire droite, bout périphérique, veine jugulaire liée du côté opposée	38,40
2	45	Veine jugulaire droite dans la veine cave supérieure vers l'oreillette	39.20
2	48	Veine jugulaire droite dans le cœur droit. . 39,20 à	39,25

3 h.	6 m.	Veine porte périphérie	39°,40
3	16	Veine cave inférieure au niveau du foie	39,80
3	20	Veine cave, en poussant jusqu'au cœur	39,50
3	25	Veine rénale gauche	39,65
3	28	Veine cave inférieure du côté des membres	39,50
3	32	Artère carotide gauche jusqu'à l'aorte	39,20 39,20 39,25 39,30
3	36	Veine jugulaire droite, bout périphérique	38,15
3	45	Veine jugulaire, bout central, jusque dans le cœur	39,20
3	47	Artère carotide gauche	39,20
3	50	Artère carotide gauche jusqu'à l'aorte	39,30 39,40
3	53	Veine jugulaire gauche, côté de la tête	36,80
3	57	Veine cave inférieure au niveau des veines hépatiques	39,50
4	2	Par la veine cave inférieure dans une veine hépatique	39,60 39,80
4	5	Veine cave inférieure au-dessous du diaphragme	39,40
4	7	Veine cave au-dessus du diaphragme	39,65 39,70
4	8	Veine rénale gauche	39,20 39,40
4	12	Veine porte, périphérie	39,35 39,40
4	29	Aorte abdominale	38,70

Exp. (8 janvier 1856). — Chien de chasse d'assez forte taille, à jeun depuis quatre jours et ne recevant dans l'estomac que 23 cent. cubes d'éther par jour. On prit les températures par le procédé ordinaire et dans l'ordre suivant :

Veines hépatiques	38°,4
Veine porte du côté de l'intestin	37,8
Veine porte du côté du foie	38,0
Aorte	37,6

Ce chien était très affaibli.

Exp. (8 janvier 1856). — Chien à jeun depuis quatre

jours et recevant de l'alcool dans l'estomac. On prit les températures par le procédé ordinaire et dans l'ordre suivant :

Veines hépatiques	39°,64
Veine cave inférieure en remontant vers le cœur	39,58
Veine rénale	37,60
Veine porte du côté du foie	39,44
Aorte	39,00
Veines hépatiques	39,20

Exp. (24 juillet 1856). — Sur un chien de petite taille, adulte, vivace, à jeun depuis la veille, on fit l'opération ordinaire pour prendre les températures du sang. L'opération fut faite rapidement. La température ambiante était très élevée (de 27° à 30°) et le temps orageux. L'animal était turbulent et fut beaucoup agité au commencement de l'expérience; pendant la dernière moitié il fut plus calme.

1 h.	33 m.	Température de la veine hépatique. (On lia la veine cave inférieure au-dessous des veines rénales, et on poussa le thermomètre au niveau des veines hépatiques).	41°,5
1	39	Veine porte du côté du foie. On lie la veine porte au-dessous de l'abouchement des veines splénique et duodénale.	41,3
1	40	Duodénum et estomac (On entra par le duodénum et on poussa le thermomètre jusque dans l'estomac; la circulation était libre).	41,6
1	42	Duodénum, la circulation était gênée	40,8
1	44	Iléon; la circulation est gênée et l'intestin noirâtre.	40,8
1	45	On revint au duodénum et à l'estomac, où la circulation était libre	41,9
1	49	On revient à la veine porte (même procédé).	41,3
1	52	On revint à la veine cave au niveau des veines hépatiques (même procédé).	41,3
1	54	On revint au duodénum et à l'estomac	41,4

Cette expérience montre très nettement que les tissus sont plus chauds que le sang dans les gros vaisseaux qui en partent.

Exp. (24 juillet 1856). — Sur un chien de petite taille, au début de la digestion, les vaisseaux chylifères n'étant injectés que jusqu'à la fin du duodénum. On prit par le procédé ordinaire les températures du sang : l'opération fut faite rapidement. La température extérieure était élevée (de 27° à 30°) et le temps orageux. L'animal agité et turbulent pendant la première moitié de l'expérience fut plus calme ensuite.

2 h.	10 m.	Veine cave inférieure liée au-dessous des rénales ; on remonta au niveau des veines hépatiques.	40,9
2	13	Veine porte au-dessous du foie ; on lia la veine au-dessous de l'abouchement des veines splénique et duodénale	40,6
2	15	Duodénum et estomac	40,9
2	20	On revient aux veines hépatiques	40,9
2	23	On revient à la veine porte au-dessous du foie. . . .	40,7
2	25	Duodénum, estomac	40,7
2	25	Intestin grêle dans lequel la circulation est gênée, la veine splénique étant toutefois restée libre . . .	40,5
2	30	Aorte abdominale.	40,35

Exp. (18 juin 1856). — Chien à jeun. On prit les températures dans l'ordre suivant :

2 h.	25 m.	Avant aucune expérience. Rectum.	39,25
2	35	Aorte (on lie l'aorte)	39,45
2	40	Veine cave inférieure, en remontant au niveau des veines hépatiques (on lie la veine)	39,65
2	45	Veine cave inférieure, plus haut, au niveau du cœur.	39,60
2	55	Veine porte au-dessous du foie (on lie la veine) . . .	39,50
2	55	Duodénum où la circulation est gênée par suite des ligatures	39,30
3	2	Estomac où la circulation est libre.	40,20
3	10	On revient à l'aorte.	39,60

Là encore il y avait eu des ligatures de troncs veineux qui avaient pu, en augmentant la pression dans l'aorte, modifier la température de l'aorte. Il faudrait toujours, après que toutes les ligatures ont été posées, revenir à tous les vaisseaux pour juger l'influence de la ligature.

Exp. (19 juin 1856). — Jeune chien de taille moyenne, en pleine digestion. On fit une plaie à l'abdomen et on essaya d'enlever les ganglions du plexus solaire ; mais on blessa un rameau du tronc cœliaque et l'animal perdit du sang. On recousit alors la plaie du ventre, mais l'hémorrhagie continua et l'animal s'affaiblit graduellement. Avant l'opération on avait constaté que la température du rectum était 39°,40. Aussitôt après l'opération, on la trouva de nouveau 39°,40. Trois quarts d'heure après, l'animal perdant du sang, la température du rectum était de 38°,40. Alors on mit à découvert les vaisseaux abdominaux, et on fit sur ce chien affaibli et calme les observations suivantes :

Aorte	38,60
(On lie l'aorte).	
Veine cave au niveau des veines hépatiques	38,90
(On lie la veine cave).	
Veine porte du côté du foie	38,65
(On lie la veine porte).	
On revient à l'aorte	38,50

Cette expérience montre que chez les animaux affaiblis, la température baisse, mais que les mêmes rapports semblent persister entre les températures relatives du sang des différentes parties.

Exp. (19 juin 1856). — Chien loulou vigoureux n'ayant subi aucune opération. Huit heures après le repas, par conséquent vers la fin de la digestion, on prit la température du rectum, 40°. On commença alors l'opération par les procédés ordinaires; l'animal était très agité; les températures furent prises dans l'ordre suivant :

Aorte 40,60
(On la lie).
Veine cave au niveau des veines hépatiques 40,50
(On lie la veine cave).
On revient à l'aorte 40,40
Veine porte à l'entrée du foie 41,1
On revient à la veine cave au niveau des veines
hépatiques. . . . . Oscillations de 40,6 à 41
Veine porte du côté des intestins 40,9

Pendant toute cette partie de l'opération, l'animal fut très agité; à ce moment il devint très calme.

On retourna à l'aorte 41
Veine cave au niveau des veines hépatiques 41,6
Veine cave au niveau du cœur. Oscillations de 41,02 à 41,4
L'animal étant toujours calme et très faible, on
prit la température de l'estomac. 40,6

Pendant l'expérience, on fit sur l'animal, qui était très indocile surtout au commencement, les observations suivantes :

1° Il y avait des oscillations dans la température du sang quand l'animal s'agitait violemment.

2° Quand on bouchait les narines de ce chien et qu'il ne pouvait plus respirer, la température semblait s'abaisser un peu, puis elle paraissait remonter quand on le

laissait respirer librement; alors la respiration et les pulsations du cœur devenaient souvent accélérées.

3° Quand l'animal était tranquille, ce qui arriva vers la fin de l'expérience, la température du sang était, en général, plus élevée; mais il faut noter qu'alors la respiration était devenue haletante.

4° Toutefois on n'a pas pu constater de rapport constant entre l'élévation de la température et l'accélération des mouvements respiratoires seuls; car alors la rapidité de la circulation peut aussi être plus grande.

5° Quand l'animal était calme, on constatait plus facilement les différences de température que lorsqu'il s'agitait. Il en est de même pour constater la température moindre du sang à l'entrée du cœur qu'au niveau des veines sus-hépatiques; il faut pour cela que l'animal soit bien calme.

Exp. (19 juillet 1856). — Sur un très gros chien ayant déjà, longtemps auparavant, servi à une expérience thermométrique avec un petit chien, et, plus récemment, à l'expérience sur les températures, on fit les expériences suivantes :

(Le chien était en digestion, on prit les températures par les procédés ordinaires.)

2 h.	25 m.	Uretère	38,2
2	35	Veine cave au niveau du foie (non liée)	39,8
»		Veine cave; on retire le thermomètre au-dessous du foie	39,7
»		Veine porte, *id.*	39,6 39,8
2	45	Aorte abdominale (liée)	39,6
2	50	Duodénum	39,85

2	55	On revient à l'entrée des veines hépatiques .	40,00 39,9
		On retire le thermomètre au-dessous du foie (Oscillations).	39,6 39,7
2	58	On pousse le thermomètre un peu au-dessus du foie	39,9
3	»	Veine rénale gauche (oscillations)	39,6 39,55 39,65
»	»	Veine cave du côté du bassin	39,4
3	3	Aorte abdominale (aorte liée)	39,5
3	6	Veine porte	39,7
»	»	Pylore, estomac	39,8
»	»	Duodénum.	39,6

On passe ensuite à des observations sur le cœur.

3 h.	30 m.	Cœur gauche	39,7 39,8 39,8 39,7 39,8
		Il finit par s'arrêter à	39,8
3	35	Cœur droit	39,6

Ce chien a été calme. Il avait eu la veine jugulaire et l'artère carotide droites oblitérées par suite des opérations qu'il avait subies auparavant. Nous trouvons une légère différence en faveur du ventricule gauche que nous ne nous expliquons pas. Peut-être est-il entré un peu d'air, car la veine jugulaire étant liée, il avait fallu venir la prendre très bas. On n'a pas vérifié cette supposition à l'autopsie. Ce chien, sans être malade, avait été cependant affaibli par les opérations qu'il avait subies.

Exp. (8 août 1856). — Petit chien turbulent. On observa les températures avec un thermomètre à alcool :

Rectum.	38,7

On ingéra dans l'estomac un peu plus d'un demi-litre d'eau froide. Une demi-heure après on trouva :

Rectum.	38,4
Aorte.	38,6
Veines hépatiques.	39
Veine porte	38,8 à 38,9

CINQUIÈME LEÇON

23 DÉCEMBRE 1857.

SOMMAIRE : Des modifications de température que le sang éprouve en traversant l'appareil respiratoire. — Expériences.

MESSIEURS,

Nous allons aujourd'hui continuer notre examen topographique de la température du sang en abordant un des appareils les plus importants sous ce rapport : l'appareil respiratoire.

Si j'ai pu dire qu'aucun expérimentateur n'avait avant moi porté son attention sur les modifications de température que le sang éprouve en traversant l'appareil digestif, il n'en est pas de même pour l'appareil respiratoire. De tout temps, pour ainsi dire, on s'est préoccupé de la question de savoir si le poumon rafraîchissait ou réchauffait le sang ; mais, ainsi que je vous l'ai rappelé, c'est surtout depuis la célèbre théorie de Lavoisier, sur la respiration des animaux, que ce sujet a été l'objet de recherches expérimentales très nombreuses.

Les anciens avaient admis que le poumon rafraîchit le sang. Mais le génie de Lavoisier, embrassant dans les mêmes vues le rôle de l'oxygène dans la nature inorganique et dans les êtres vivants, regarda au contraire le poumon, qui absorbe de l'oxygène et émet de l'acide carbonique, comme un organe dans lequel s'opérait

une combustion par fixation directe de l'oxygène de l'air sur les éléments carbonés du sang. Cette combustion étant nécessairement accompagnée de dégagement de chaleur, il en résultait que le poumon devenait le foyer principal de la chaleur animale, et que le sang qui sort de l'appareil respiratoire pour aller dans les cavités gauches du cœur devait être plus chaud que le sang qui, des cavités droites, est lancé dans les organes pulmonaires.

L'expérimentation sur les animaux parut d'abord confirmer les idées de l'illustre chimiste. Saissy, Davy, Nasse, etc., appuyèrent la théorie de Lavoisier en concluant, d'après leurs expériences, que le sang était plus chaud dans le cœur gauche que dans le cœur droit. Saissy vit que le sang était plus chaud dans le ventricule gauche d'environ 0°,5 centigrades. Davy obtint à peu près la même différence, et Nasse trouva 1 degré centigrade de chaleur en plus pour le sang du ventricule gauche que pour celui du ventricule droit. D'autres expériences, celles de Crawford, de Krimmer, de Scudamore, de Davy, de MM. Becquerel et Breschet, confirmaient encore la même théorie en constatant que le sang est plus chaud dans les artères que dans les veines.

Mais si la théorie de Lavoisier sur la respiration des animaux resta toujours exacte pour l'ensemble des phénomènes qui constituent cette importante fonction, cependant les travaux de Lagrange, de W. Edwards, de Magnus, conduisirent à interpréter tout autrement le rôle des poumons. Ces auteurs montrèrent qu'au lieu d'une combustion directe dans les poumons

il n'y a dans ces organes qu'un simple échange entre l'oxygène de l'air et l'acide carbonique du sang.

L'acte respiratoire devenant dès lors un phénomène général qui se passait dans tous les capillaires du corps, il n'y avait plus nécessité théorique d'admettre que l'appareil pulmonaire était le foyer où le sang venait se réchauffer en passant de l'état veineux à l'état artériel. Toutefois on continuait encore, comme par habitude, à admettre le plus généralement que le sang devait être plus chaud dans le ventricule gauche que dans le ventricule droit. Il est bien vrai de dire que si les expériences sur les animaux avaient été unanimes pour prouver qu'il en est ainsi, il aurait bien fallu admettre le résultat, lors même qu'il eût été en opposition avec la théorie. Mais ce n'était pas le cas, et il y avait lieu de revenir sur la question expérimentale. A côté des expérimentateurs que nous avons cités plus haut et qui avaient vu le sang plus chaud dans le ventricule gauche que dans le ventricule droit, il y en avait d'autres qui avaient trouvé des résultats opposés et qui avaient constaté, au contraire, que le sang est plus chaud dans le ventricule droit que dans le ventricule gauche. Autenrieth trouva le sang plus chaud de cinq dixièmes de degrés dans le ventricule droit. Berger avait exactement obtenu le même résultat. Collard de Martigny et M. Malgaigne signalèrent une différence dans le même sens. Ensuite Hering, profitant du cas exceptionnel d'un veau qui vivait atteint d'ectopie du cœur, put plonger directement le thermomètre dans les cavités du cœur mis naturellement à nu chez ce mammifère. Hering trouva

que dans ce cas remarquable le sang dans le ventricule droit était de 1°,53 centrigrades plus chaud que dans le ventricule gauche (1). Enfin, plus récemment, M. Georges Liebig a publié sur la température du sang

(1) Voici un résumé de cette observation intéressante :

« *Recherches pour déterminer la force de pression du cœur.* — Observation d'un veau né à terme, avec une ectopie complète du cœur.

» Veau bien conformé ; rétraction du pied de devant droit ; se tenait couché, buvait par jour 8 litres de lait, était vivace, respirait de 52 à 60 fois par minute. — Pouls d'abord à 130, tomba à 108 ; par l'agitation, remontait de 144 à 160 ; autres fonctions régulières.

» Le cœur pendait libre au bas du sternum, qui était ouvert, fendu par le milieu. — Pas de péricarde. La peau, couverte de poils, circonscrivait l'origine des gros vaisseaux, qui, d'abord nets, se couvrirent plus tard de granulations muqueuses. La surface du cœur était lisse les premiers jours ; on y voyait courir un grand vaisseau lymphatique. La gouttière des vaisseaux coronaires moins profonde qu'à l'ordinaire. La séparation auriculo-ventriculaire indistincte. Peu à peu la surface du cœur se recouvrit avec des granulations fines pâles ; la pointe du cœur s'arrondit (arrondissement déjà observé par Sandifort et Büttner chez deux jeunes filles à ectopie du cœur). La grosseur du cœur alla toujours en augmentant, si bien qu'à l'autopsie il pesait 24 onces, double du poids ordinaire. Pour protéger le cœur contre l'air, il l'enveloppe avec ses linges humectés avec du lait tiède ; le cœur se couvre d'un liquide trouble de mauvaise odeur. Par le resserrement de la plaie les gros vaisseaux semblaient comprimés et contribuer au grossissement du cœur. A l'autopsie on vit une couche lardacée de 2 lignes sur tout le cœur. La structure entière du cœur était normale. Trou ovale presque fermé n'admettait que le petit doigt. Le conduit de Botal admettait une sonde ; organes thoraciques et abdominaux tirés vers la plaie et normaux ; thorax rétréci.

» Le cœur, dont la contraction et la dilatation étaient visibles, ne se mouvait pas dans la systole ventriculaire aussi fort qu'on pouvait le croire d'après ce qu'on voit chez les animaux à sang froid. Le mouvement de systole était plutôt ondulé et vermiculaire qu'un choc brusque. La contraction du ventricule gauche était la plus forte et s'étendait presque à tout le cœur. Le soulèvement de la pointe n'était pas évident (l'animal

un excellent travail dans lequel il est arrivé à cette même conclusion, que le sang des cavités droites du cœur possède une température plus élevée que celui des cavités gauches.

debout) ; il y avait pendant la systole allongement du diamètre perpendiculaire du cœur, qui pendait, et léger écartement du corps. Les ventricules se contractaient peu et restaient toujours pleins de sang, de sorte qu'on ne pouvait pas voir une alternance entre la contraction des ventricules et des oreillettes. Le cœur était ferme, compressible par une force médiocre et devenait alors convulsif. Une pression de 3 livres n'empêchait pas le mouvement, et à chaque diastole le poids était soulevé. La surface du cœur paraissait à peu près insensible (pareille insensibilité déjà vue par Harvey et Montgomery). L'animal vécut ainsi jusqu'au dixième jour, et il commença alors ses expériences.

» *Première expérience.* — Il fit une ouverture avec une lancette sur la surface du ventricule droit. Il y fit pénétrer perpendiculairement un tube de verre de 4 pieds de long jusque dans la cavité. Le sang foncé monte à la hauteur de 18 pouces décimaux de Wurtemberg. — Même opération sur le ventricule gauche. Le sang rouge monte de 27 à 30 pouces. Il observa pendant 3 minutes des mouvements ascendants et descendants. Tube du côté droit à chaque contraction = 1 pouce 1/2 à 2 pouces. Maximum de la colonne : 21 pouces. — Tube gauche : 1 pouce 1/2 à 2 pouces ; maximum : 33 p. $\frac{4}{10}$. — Le rapport de la pression totale dans le ventricule droit est à celle du ventricule gauche, pour les manima :: 18 : 27 ou 30, pour les maxima :: 21 : 33 $\frac{4}{10}$. C'est à peu près le résultat calculé de Valentin, c'est-à-dire :: 1 : 2. — Le mouvement pulsatile est simultané dans les deux colonnes et inégal en force, suivant les mouvements ou les cris de l'animal. La rapidité de la respiration rendait son influence difficile à apprécier. — 3e tube dans l'oreillette droite. — Le sang monte d'abord à 7 pouces. — Oscillations de la colonne pendant la contraction, plus petite que pendant les ventricules = 1/2 pouce à 1 pouce. — Une monte tout à coup au maximum de 13 pouces. La force des oreillettes peut donc agir pour pousser le sang dans le ventricule, qui ne l'attirererait pas par aspiration. — Jamais évacuation complète des ventricules ni des oreillettes.

» Après l'ablation des tubes, le doigt sur les plaies arrête le sang, qui bientôt se coagule, et au bout de 2 minutes il ne sortait plus de sang. Le sang reçu sur la boule d'un thermomètre au moment où il sortait

Pour avoir la température du sang avant et après l'appareil respiratoire, il est tout naturellement indiqué de prendre la température du sang dans le ventricule droit et dans le ventricule gauche du cœur. Il serait en effet impossible, sur l'animal vivant, de constater la température du sang dans l'artère pulmonaire qui conduit ce liquide aux poumons, et dans les veines pulmonaires qui le rapportent après qu'il a traversé ces organes. Mais le sang du cœur droit est en réalité le sang qui va entrer dans le poumon, comme le sang du ventricule gauche représente bien celui qui vient de traverser l'appareil respiratoire.

Les premières expériences que j'ai pratiquées ont été faites sur des chiens, à l'aide du procédé opératoire suivant :

L'animal étant convenablement maintenu sur le dos, je fais une incision à la partie droite et inférieure du

par un tube court, d'abord du ventricule droit, donne 31° 1/2 Réaumur ; à gauche 31 degrés Réaumur. (Le sang plus froid dans la veine que dans les artères pour le corps. Pour le poumon, il y a inversion, diminution d'un 1/2 degré dans l'oreillette gauche. L'hémorrhagie par le cœur donna 60 onces en tout (4 livres de sang total).

» Chez ce veau, le nombre des pulsations était comme chez un veau sain du même âge. Elles se percevaient aussi facilement dans les artères. Les autres fonctions étaient régulières ; de sorte que les résultats qu'on a obtenus ne sont pas éloignés de l'état physiologique. — On voit par là l'influence des parois du cœur isolées des parois thoraciques.

» Largeur du tube dans le ventricule gauche : 1 ligne ; diamètre : 95/100es de Paris ; en bas et en haut : 2 lignes.

» Au ventricule droit, en bas : 1^{lig},85 ; en haut : 1^{lig},90 ; dans l'oreillette droite : 1^{lig},82.

» Le pied de Wurtemberg = 0^{m},286. »

(Hering, *Archiv. fur physiolog., Heilk.*, 1850.)

cou, et j'isole successivement la veine jugulaire droite et l'artère carotide du même côté, aussi bas que cela est possible, sans pénétrer dans la poitrine. Je lie les deux vaisseaux, et je passe au-dessous un second fil d'attente; alors, à l'aide d'une incision pratiquée à l'artère ainsi qu'à la veine, j'introduis le thermomètre dans le ventricule gauche et dans le ventricule droit, en plaçant sur le vaisseau et autour du thermomètre une ligature médiocrement serrée et qui est seulement destinée à empêcher l'entrée de l'air dans le cœur droit et la sortie du sang du cœur gauche. On sent qu'on a pénétré dans le ventricule à ce que le thermomètre ne peut plus avancer, et à ce qu'il est agité par les contractions du cœur. On entre facilement dans le ventricule droit en descendant par la veine jugulaire et en passant par l'oreillette. Pour le ventricule gauche, il faut, sur les chiens, pénétrer par la carotide, puis par le tronc brachio-céphalique, et parvenir ensuite dans la crosse de l'aorte pour pénétrer directement par elle dans le ventricule gauche. Il arrive quelquefois que l'on déchire, dans cette manœuvre, les valvules sigmoïdes de l'aorte, et cet accident peut amener dans la circulation quelques troubles sur lesquels nous reviendrons plus tard quand nous étudierons les modifications que les troubles de la circulation peuvent apporter à la température du sang. Pour le moment nous ne rapporterons que les résultats obtenus sur des animaux calmes, et chez lesquels les conditions de la circulation étaient aussi normales que possible. J'ajouterai encore qu'il faut opérer sur des chiens de forte taille si l'on veut pénétrer dans le ven-

tricule gauche avec un thermomètre de la dimension de celui que nous avons décrit dans nos premières expériences. Lorsque les chiens sont petits, il faut avoir des thermomètres très fins qui offrent alors une fragilité telle, qu'au moindre mouvement de l'animal ils peuvent se briser. Les remarques précédentes ne s'appliquent pas au ventricule droit, dans lequel il est toujours très facile de pénétrer. Dans ces expériences comme dans les autres, je me suis toujours servi d'un seul thermomètre que j'introduisais successivement dans le ventricule droit et dans le ventricule gauche, en alternant souvent les expériences pour vérifier toujours plusieurs fois les mêmes faits. J'ai groupé dans le tableau suivant les résultats que j'ai obtenus sur les chiens.

Température du sang, comparée, chez le chien, dans le cœur gauche et dans le cœur droit (avant et après l'appareil respiratoire).

	COEUR DROIT (avant le poumon).	COEUR GAUCHE (après le poumon).	DIFFÉRENCE.	OBSERVATIONS
1er chien.	38,2	38,0	— 0,2	Début de digestion, affaibli.
2e chien.	39,5	39,3	— 0,2	A jeun.
	39,2	39,1	— 0,1	A jeun.
3e chien.	38,8	38,6	— 0,2	A jeun, temp. amb., 28.
	38,7	38,5	— 0,2	A jeun, temp. amb., 28.
4e chien.	38,8	38,6	— 0,2	A jeun, vigoureux.
	39,2	39,1	— 0,1	Le lendemain, pleine digest.
5e chien.	38,9	38,7	— 0,2	A jeun, vigoureux.
6e chien.	38,9	38,8	— 0,1	Digestion, vigoureux.
	39,4	39,2	— 0,2	Le lendemain, fin digest.

D'après les expériences rapportées dans ce tableau, on voit que le sang du ventricule droit, au moment où

il va pénétrer dans le poumon, a été trouvé à une température plus élevée que le sang du ventricule gauche qui vient de traverser l'appareil respiratoire. La différence de température n'a pas dépassé $\frac{2}{10}$ de degré, mais elle s'est constamment montrée dans le même sens. D'après ces mêmes expériences, l'état de digestion ou d'abstinence paraît avoir eu une influence évidente sur la température du sang dans le cœur. Chez l'animal à jeun, les différences de température sont ordinairement plus considérables, et elles deviennent plus faibles pendant la période digestive. Mais, en même temps, la température absolue du sang paraît s'élever. Ceci ressort de la comparaison des expériences entre elles. Mais j'ai pu vérifier ce résultat d'une manière beaucoup plus comparable encore chez le même animal. Chez le chien de la quatrième expérience, la température à jeun était : 38°,8 dans le cœur droit; 38°,6 dans le cœur gauche : $\frac{2}{10}$ par conséquent pour la différence. Le lendemain, le même animal étant en pleine digestion, la température était 39°,2 pour le ventricule droit, 39°,1 pour le ventricule gauche, et $\frac{1}{10}$ pour la différence. On voit donc que, dans ce dernier cas, la différence de température entre les sangs avait diminué, mais que leur température absolue avait augmenté. Je ferai remarquer, en terminant, que mes expériences ont été faites sur des animaux qui se trouvaient dans des conditions physiologiques aussi bonnes que possible, puisque non-seulement ils ne mouraient pas pendant l'opération, mais ils y survivaient très bien, conservaient leur appétit, et pouvaient ainsi, à di-

verses reprises, être observés dans des conditions variées.

Les résultats du tableau cité plus haut se trouvent tirés d'expériences nombreuses, dont les unes sont déjà connues et dont je rapporterai encore ici quelques exemples en détail.

Exp. — Chien de taille un peu au-dessus de la moyenne, à jeun.

On prend la température du sang dans les vaisseaux, avec un thermomètre à alcool, dans l'ordre suivant :

3 h.	55 m.	Veine jugulaire du côté de la tête. .	38,8
3	56	— du côté du cœur . .	38,9
4	2	— à l'entrée du cœur .	39,3
4	10	Artère carotide du côté du cœur . .	39,3 fort.

Pendant toutes ces observations l'animal était calme.

Les observations suivantes, non comparables avec les premières, ont été faites avec un thermomètre à mercure.

4 h.	34 m.	Cœur droit	38,8
4	37	Cœur gauche	38,6 fort.
4	40	Cœur droit	38,8 faible.
4	42	Veine cave inférieure	38,8
4	43	Veine cave en remontant vers le cœur droit	38,8
4	45	On pousse dans la veine cave supérieure.	38,4
4	46	Cœur gauche	38,6 fort.

Exp. — Très gros chien. — Les premières observations sont faites avec le thermomètre à alcool.

3 h.	» m.	Veine jugulaire non liée, côté de la tête	38,6
3	3	— — côté du cœur	38,9
3	5	Oreillette droite	39,2
3	6	Ventricule droit	39,3
3	11	Carotide, côté de la tête.	38,8 fort.
3	14	— côté du cœur	38,5

(Pendant ces observations l'artère se trouvait tiraillée

et la cuvette du thermomètre était en contact avec les parois de l'artère).

3 h. 15 m.	On l'enfonce jusque dans l'aorte, et on a. .	39,4
3	19	Oreillette droite.	39,2
		Veine jugulaire, côté de la tête	38,2

Les observations suivantes, non comparables avec les précédentes, sont faites avec un autre thermomètre trop court.

3 h.	22 m.	Cœur droit	39,6
3	26	Cœur gauche	39,6
3	32	Cœur droit.	39,6

On prend un autre thermomètre à mercure, plus long, qui puisse pénétrer dans le cœur même.

4 h.	59 m.	Cœur droit	38,9
		Cœur gauche	38,8
		On bouche le nez et on a :	
		Cœur gauche	38,9
		On débouche le nez.	
5	5	Cœur gauche	38,8
		Cœur droit	39,0
		On bouche le nez	39 faible.
		On débouche le nez	39
5	20	Cœur gauche	38,8 fort

Le lendemain, le même chien fut examiné.

1 h.	40 m.	Veine cave inférieure	{ 39,5 { 39,4
1	42	Veine cave supérieure.	38,8
1	45	Cœur droit	38,9
		Quelques bulles d'air ont pénétré dans le cœur et ont produit des battements irréguliers.	
		Veine cave inférieure	39,0
1	50	Cœur droit	39
1	53	Aorte, en pénétrant par la carotide	39,2
		Cœur gauche	39,2

1 h.	53 m.	Cœur droit (Battements du cœur rudes, non irréguliers.)	39,4 fort.
2	4	Cœur gauche	39,2

On change de thermomètre pour les observations suivantes :

2 h.	25 m.	Veine rénale	40,1 / 40
2	30	Artère rénale	38,8
		Veine cave au-dessus des rénales	39,4
		Veine rénale	39,9 fort.
2	37	Artère rénale	39,7
		Veine rénale	39,8
2	47	Veine porte	39,8 faib.
		Intestin	39,8 fort.

Exp. — Autre chien, de taille moyenne, ayant servi la veille.

Cœur gauche, en pénétrant par la carotide	39,1
— droit, en pénétrant par la veine jugulaire	39,2

Exp. — Autre chien.

Cœur gauche, en pénétrant par la carotide	38,7
— droit, en pénétrant par la veine jugulaire	38,9

Toutefois je ne m'en suis pas tenu à ces seules expériences sur des chiens ; et comme il s'agit ici de résultats de la plus haute importance au point de vue de la théorie de la chaleur animale, j'ai voulu encore les vérifier sur d'autres animaux, en m'entourant de toutes les garanties d'exactitude possibles : c'est pourquoi j'ai prié M. Walferdin, dont la compétence dans les questions thermométriques est si bien connue du monde savant et dont les instruments ont acquis une si grande précision, de vouloir bien m'assister dans la détermination de ces températures sur les animaux vivants.

Nous avons fait ensemble à l'abattoir de Grenelle, sur des moutons, des expériences dont je vais actuellement donner les résultats qui concordent parfaitement avec ceux obtenus sur les chiens. Les températures étaient prises avec le thermomètre métastatique à mercure de M. Walferdin, divisé en un nombre arbitraire de parties dont chaque division représentait environ un deux centième de degré qu'on pouvait ainsi lire directement sur l'instrument.

Le procédé opératoire, pour pénétrer dans le cœur, offre une grande facilité chez le mouton. Cela tient à ce que ces animaux, ayant le cou relativement plus long, il est possible d'arriver très près de l'origine des vaisseaux au cœur sans ouvrir la poitrine. Je pratique une incision longitudinale sur la partie moyenne et inférieure du cou, qui doit se prolonger jusqu'au sternum. On écarte les muscles sterno-hyoïdien et sterno-thyroïdien du côté droit, et l'on trouve au-dessous immédiatement l'artère carotide droite à la naissance du tronc brachio-céphalique.

La veine jugulaire se trouve placée plus en dehors et plus en avant. Quelquefois un prolongement du thymus qui se trouve dans la plaie masque un peu les vaisseaux; on peut l'arracher sans aucun inconvénient et sans produire d'hémorrhagie. Le thermomètre a toujours été introduit dans le cœur gauche par le tronc brachio-céphalique, et dans le cœur droit par la veine jugulaire, en suivant des précautions qui seront indiquées plus loin. Les observations comparatives ont été faites avec le même thermomètre qu'on introduisait

successivement et alternativement dans les ventricules droit et gauche, en vérifiant toujours plusieurs fois les mêmes résultats. Nous avons déjà dit ailleurs que lorsque les animaux sont agités, il peut survenir des troubles circulatoires capables d'apporter des modifications dans la température du sang. Nous reviendrons encore plus tard sur ces faits. Les observations dont les résultats se trouvent groupés dans le tableau suivant ont été faites sur des animaux pendant qu'ils étaient dans l'état de calme et que leur circulation était aussi régulière que possible.

Température du sang, comparée, chez le mouton, dans le cœur droit et dans le cœur gauche (avant et après l'appareil respiratoire).

DATES.	COEUR DROIT.		COEUR GAUCHE.		DIFFÉR. en degrés centésim.	OBSERVATIONS (*).
	Therm. Walferdin.	Degrés centés.	Therm. Walferdin.	Degrés centés.		
9 juin 53	308,9	40°,374	307,5	40°,122	—0,252	Tempér. amb. 24°.
16 juin	307,0	40,032	306,4	39,924	—0,108	Tempér. amb. 22°.
»	304,6	39,600	304,5	39,582	—0,018	»
»	309,0	40,392	308,2	40,248	—0,144	»
»	306,1	39,870	304,5	39,582	—0,288	»
9 mars 54	309,5	40,481	309,0	40,392	—0,089	Temp. amb. de 13 à 14°.
»	309,5	40,481	309,0	40,392	—0,089	»
»	309,0	40,392	308,0	40,212	—0,180	»
»	306,5	39,942	306,0	39,852	—0,092	»

(*) Thermomètre métastatique à mercure n° 225, divisé en 340 parties.
Au 20° degré centigrade correspond la 195,5 division du thermomètre.
Au 38° degré centigrade correspond la 295,7 division du thermomètre.
1° centigrade = 5,56 divisions du thermomètre.
1 division du thermomètre = 0°,17985.
Dans le tableau, les conversions ont été faites en partant de la 295,7 division correspondant au 38° degré centigrade, et en ajoutant 0°,17985 par division trouvée en plus.

On voit que les expériences faites sur les moutons conduisent aux mêmes conclusions que celles faites sur les chiens, à savoir, que le sang du ventricule droit est plus chaud que celui du ventricule gauche.

Nous verrons plus tard que l'excès de température est apporté au sang du ventricule droit par la veine cave inférieure et non par la veine cave supérieure dans laquelle il est plus froid; mais nous voulons seulement constater pour aujourd'hui que ce mélange de tous les sangs veineux du corps qui se fait dans le ventricule droit est, au moment où il va être lancé dans le poumon par l'artère pulmonaire, plus chaud que lorsqu'il sort de ces organes et arrive à l'état de sang artériel dans le ventricule gauche. Dès lors nous sommes bien forcé d'admettre que le sang se refroidit par son contact avec l'air à la surface du poumon, qui peut être considéré à ce point de vue comme une véritable surface extérieure.

En résumé, d'après toutes nos expériences, qui ont été faites sur des animaux vivants, et je crois avec toute la rigueur dont ces sortes de recherches sont aujourd'hui susceptibles, je pense pouvoir légitimement conclure :

1° Que la circulation du sang à travers l'appareil pulmonaire est une cause de refroidissement pour ce liquide ;

2° Qu'on ne peut pas dès lors considérer les poumons comme un foyer de la chaleur animale ;

3° Que la transformation du sang veineux en sang artériel, chez l'animal vivant, ne coïncide pas avec une

augmentation de chaleur dans ce liquide, mais au contraire avec un abaissement de température.

Voici maintenant le détail des expériences sur lesquelles sont établis les faits précédents, ainsi que le procédé opératoire employé.

On emploie le procédé suivant pour prendre la température du sang dans le cœur droit et dans le cœur gauche :

Le mouton étant maintenu couché sur le dos et le cou tendu, on fait une incision depuis la partie supérieure du sternum jusqu'au milieu du cou. La peau étant divisée, on incise entre le muscle sterno-thyroïdien et la portion sternale du muscle sterno-mastoïdien du côté droit.

Les muscles étant écartés dans toute la longueur de la plaie et jusqu'à leur insertion sternale, après avoir lié ou tordu les petits vaisseaux ouverts, on rencontre le thymus qu'on énuclée avec les doigts en commençant par la partie inférieure.

Alors on trouve l'artère carotide à son émergence du tronc brachio-céphalique ; on sépare le tissu cellulaire avec une sonde cannelée, ainsi que le nerf vague qui se trouve accolé au côté droit du tronc brachio-céphalique artériel, puis on passe, avec une aiguille de Cooper, un fil double au-dessous de ce même tronc brachio-céphalique. La veine jugulaire se trouve placée à droite dans la plaie ; on l'isole également avec la sonde cannelée à sa partie inférieure, c'est-à-dire à son abouchement dans le tronc veineux brachio-céphalique, sous lequel on passe également un fil.

L'expérience étant ainsi préparée, on fait la ligature du tronc brachio-céphalique artériel sur le point de sa bifurcation en artère carotide et axillaire, afin de laisser libre toute la longueur du tronc. On passe l'index de la main gauche au-dessous du tronc brachio-céphalique pour le soulever en même temps qu'un aide tire sur l'anse de fil restée libre pour aplatir l'artère et empêcher l'écoulement du sang au moment où on l'ouvrira. L'artère ouverte, on introduit l'extrémité du thermomètre en même temps qu'on lie légèrement l'artère sur lui pour empêcher le sang de s'écouler; puis, lorsque le thermomètre est parvenu dans le cœur, on serre la ligature. Dans toutes ces manœuvres on a eu soin de ne pas trop tirer sur le tronc brachio-céphalique qui se rompt très facilement en travers.

Pour faire pénétrer le thermomètre dans le cœur gauche, voici la direction qu'il convient de suivre: aussitôt qu'on est dans l'aorte, on dirige la cuvette du thermomètre en bas et à droite, à cause de l'inflexion dans ce sens que subit le cœur par suite de la position de l'animal. Ordinairement, en opérant de cette manière, on entre sans difficulté dans le ventricule; mais quelquefois on se trouve arrêté par les valvules sigmoïdes de l'aorte qui doivent nécessairement être brisées. Aussitôt qu'on est entré dans le ventricule, on s'en aperçoit au mouvement d'oscillation du thermomètre qui tend en même temps à être chassé du ventricule, si bien qu'on est obligé de l'y maintenir avec force.

Pour pénétrer dans le ventricule droit, on arrive par la partie inférieure de la veine jugulaire; on pratique

d'abord une ligature de cette veine; puis au-dessous de cette ligature on fait une ouverture pour introduire le thermomètre en même temps qu'on applique le doigt sur le vaisseau pour empêcher l'introduction de l'air. On pousse d'abord le thermomètre directement en bas; puis on l'incline à gauche et un peu en haut ou en avant afin de l'introduire dans le ventricule droit lui-même. On évite d'aller dans la veine cave inférieure en n'enfonçant pas le thermomètre trop profondément, et l'on évite de rester dans l'oreillette droite en inclinant la cuvette à gauche. Quand on est dans le ventricule droit, on le reconnaît, comme pour le ventricule gauche, aux oscillations du thermomètre et à sa tendance à être chassé au dehors.

Dans toutes les expériences qui vont suivre, et qui ont été faites à l'abattoir de Grenelle, on a employé ce procédé, en ayant soin seulement d'intervertir l'ordre des observations, commençant tantôt par le ventricule gauche et tantôt par le ventricule droit.

Exp. (9 juin 1853). — La température ambiante est de 24 degrés. Le thermomètre employé est un thermomètre métastatique à mercure (n° 225), dont une division égale 0°,1801.

3 h.	9 m.	On commence l'opération.	
3	17	Cœur gauche.	307,5
		On avait laissé le thermomètre séjourner une minute dans le ventricule.	
		On le retire.	
3	18	On le place dans le ventricule droit.	
3	21	Ventricule droit.	308,9

Différence en faveur du cœur droit, 1,4 = 0°252.

(16 juin 1853).— Température ambiante 22 degrés. Moutons allemands, tous mâles, et ayant tous le foie malade.

Première expérience.

2 h. 45 m. On commence l'expérience.
2 52 Introduction du thermomètre dans le cœur gauche; il y séjourne une minute. 308
2 56 Introduction dans le ventricule droit; séjour une minute. 308
Différence nulle.

Deuxième expérience.

3 h. 3 m. On commence l'expérience.
3 6 On place le thermomètre dans le cœur droit; il y séjourne une minute. 307
3 9 On place le thermomètre dans le cœur gauche; il y reste une minute. 306,4
Différence en faveur du cœur droit, 0,6 = 0°,108.

Troisième expérience.

3 h. 13 m. On commence l'expérience.
3 23 On place le thermomètre dans le cœur gauche; il y reste une minute. 304,5
3 27 On place le thermomètre dans le cœur droit; il y reste une minute. 304,6
Différence en faveur du cœur droit, 0,1 = 0°,018.

Quatrième expérience.

3 h. 30 m. On commence l'opération.
3 34 On place le thermomètre dans le cœur droit; il y séjourne une minute. 309
3 39 On place le thermomètre dans le cœur gauche; il y reste une minute. 308,2
Différence en faveur du cœur droit, 0,8 = 0,144.

Dans les deux dernières expériences il n'y a point eu de perte de sang.

Cinquième expérience.

3 h.	47 m.	On commence l'expérience.	
3	50	On introduit le thermomètre dans le cœur gauche (les respirations sont très accélérées)	310
3	56	On place le thermomètre dans le cœur droit. . . .	309
		Différence en faveur du cœur gauche, 1 = 0,180.	

A l'autopsie on a reconnu que le thermomètre, en pénétrant dans le ventricule gauche, avait brisé une valvule sigmoïde correspondant à l'orifice de l'artère coronaire; qu'il y avait eu, par suite, décollement de la base de l'aorte et déchirure du tissu du cœur, infiltration de sang dans ce tissu et jusqu'au-dessous du péricarde; ces désordres se rapportent avec l'accélération des mouvements respiratoires qui avait lieu pendant qu'on observait la température dans le cœur gauche.

Sixième expérience. — Animal plus vigoureux que les précédents.

4 h.	4 m.	On commence l'expérience.	
4	4	On place le thermomètre dans le cœur droit.	306,1
4	16	On place le thermomètre dans le cœur gauche. . .	304,5
		Différence en faveur du cœur droit, 1,6 = 0°,288.	
		On coupe les deux nerfs vagues en laissant le thermomètre dans le ventricule gauche; la respiration diminue de fréquence.	
		L'instrument reste à	305

Dans cette expérience, il y avait eu pendant l'opération un peu de sang artériel perdu.

Dans toutes les expériences précédentes, le thermomètre plongeait dans les tissus de la même quantité jusqu'à vingt divisions environ au-dessous du point de lecture.

Exp. (9 mars). Les moutons sur lesquels on a operé étaient dans les mêmes conditions, à peu près tous de la même taille, vigoureux ; ils avaient mangé la veille au soir. La température ambiante est de 13 à 14 degrés.

Première expérience. — Mouton mâle.

12 h. 47 m.	On introduit le thermomètre dans le cœur droit. . Température qui ne varie pas pendant deux minutes d'observation.	309
12 51	On introduit le thermomètre dans le cœur gauche.	310 310,1 310,3 310,2

Différence en faveur du cœur gauche, de 1 à 1,3 = 0°,18 à 0,24.
Ces températures ont été observées pendant deux minutes d'observation.

On a remarqué que pendant l'observation du côté gauche les battements du cœur étaient beaucoup plus accélérés que pendant l'observation du côté droit.

Deuxième expérience. — Mouton mâle.

1 h. Cœur gauche.	309 309 309 309
A ce moment les battements du cœur s'accélèrent beaucoup; l'animal fait des efforts.	309,1 309,2 309,6 309,6

Toutes ces observations ont duré deux minutes.

1 h. 6 m. On introduit le thermomètre dans le cœur droit, et l'on observe.	309,5 309,5 309,5
Battements du cœur plus accélérés; animal faisant des efforts.	309,6 309,7 309,8

Toutes ces observations ont duré deux minutes.

Trosième expérience. — Mouton mâle.

1 h. 27 m. Cœur droit	309,5 309,5 309 309

L'observation a duré trois minutes.

On a remarqué que lorsqu'on appuyait la cuvette du thermomètre contre les ventricules les mouvements du cœur devenaient plus accélérés.

Dans cette expérience, le tronc artériel brachio-céphalique avait été lié avant l'introduction du thermomètre dans le cœur droit, ce qui n'avait pas été fait dans les autres expériences.

1 h. 31 m. Cœur gauche.	309 309 309 309 309
— L'animal fait des mouvements et des efforts; les pulsations s'accélèrent	309,1 309,2
— Il redevient calme.	309

Quatrième expérience. — Mouton femelle.

2 h. 30 m. Cœur gauche. L'animal s'agite et fait des efforts aussitôt qu'on entre dans le ventricule.	310 310 310 310
— Animal plus calme.	309,9 309,9
— Efforts nouveaux.	310
— Redevenu calme	309,9 309,9 309,9

Toutes ces observations ont duré quatre minutes.

2 h. 36 m. Cœur droit (animal calme)	309 309 309,1 309,1 309
— Efforts, mouvements	310 310,1 310,2 310,2

Ces observations ont duré trois minutes.

Cinquième expérience. — Mouton femelle.

3 h. 1 m. Cœur droit (animal calme)	308 308 307,9 308 308,2
On reconnut qu'on était dans l'oreillette, et l'on enfonça le thermomètre dans le ventricule	308,3 309 309 309

Toutes ces observations ont duré une minute et demie.

3 h. 4 m. Cœur gauche 308
Fixe pendant deux minutes d'observation ; l'animal est calme.

Sixième expérience. — Mouton mâle, un peu moins vigoureux que les autres.

3 h. 16 m. Cœur gauche (les battements du cœur sont très lents ; l'animal est calme ; la cuvette du thermomètre n'appuie pas contre les parois du ventricule ; la veine jugulaire du même côté avait été préalablement liée) ; on trouve 306
Fixe pendant deux minutes et demie d'observation.

3 h. 20 m. Cœur droit (animal d'abord calme, et battements du cœur lents)	306 306
On était dans l'oreillette ; on pousse le thermomètre dans le ventricule (animal calme)	306,5 306,4
On appuie sur la paroi du cœur ; accélération du pouls et efforts	306,5 306,5 306,6 306,7

Toutes ces observations ont duré trois minutes.

Septième expérience. — Mouton mâle, très vigoureux.

3 h. 35 m.	Cœur gauche (l'animal s'agite pendant l'opération). .	306,7 306,2 306,2
3 » 37	Le thermomètre est expulsé au moment d'une forte contraction du cœur et lancé au loin ; il s'est trouvé dérangé ; néanmoins on a continué l'observation et constaté ce qui suit.	
3 » 39	Cœur gauche. . . . . Fixe pendant deux minutes d'observation.	304
3 » 43	Cœur droit (animal calme).	304 304 303,9 303,9 303,9 303,9
	On n'était qu'à l'entrée du ventricule ; on pousse le thermomètre plus loin, et l'on appuie contre les parois du ventricule ; les battements s'accélèrent.	304 304 304 304

Toutes ces observations ont duré trois minutes.

Voici maintenant quelques expériences sur le même sujet, et qui ont été faites sur des chiens.

Exp. (22 novembre 1848). — Chien adulte, ayant fait deux heures auparavant un repas de tête de mouton cuite. Le chien étant étendu sur le dos et attaché.

On découvrit l'artère carotide et la veine jugulaire du côté droit, et on introduisit un thermomètre ordinaire de Fastré. On trouva :

Dans le *cœur droit* ou dans la *veine cave inféreure*. . . .	38,50
Dans la *veine cave supérieure*.	38,00
Dans la portion périphérique de la veine jugulaire	37,25

Le thermomètre fut ensuite poussé par l'artère caro-

tide jusque dans l'aorte et le cœur ; on trouva 38 degrés ; on cessa l'observation.

Après avoir laissé l'animal en repos pendant un quart d'heure. On reprit la température :

Dans le cœur gauche.	38
Dans le cœur droit.	37,50
(Cette température était probablement celle de la veine cave supérieure.)	
Puis en descendant dans la veine cave inférieure.	38,20

On délia alors le chien qu'on laissa reposer et digérer pendant environ trois ou quatre heures. Après quoi on reprit les températures.

Cœur gauche.	39,20
Cœur droit.	39,20

Alors on fit la ligature de la veine cave inférieure au-dessus des reins, et on eut :

Cœur droit.	39,10
Cœur gauche.	39,10

Exp. (19 juillet 1856). — Chez un chien de taille moyenne, on fit sur la température du sang dans les différentes parties de l'appareil digestif les observations suivantes :

(L'animal et à jeun. On fit usage d'un thermomètre à alcool).

11 h.	25 m.	Veine cave (le thermomètre étant poussé au niveau des veines hépatiques, et la veine cave liée).	40,6
11	35	Aorte ventrale (aorte liée, animal agité).	de 40,4 à 40,6
11	40	Retour à la veine cave (au niveau des veines hépatiques, animal calme)	40,6
11	50	Retour à l'aorte (animal calme).	40,3
11	55	Retour à la veine cave (au niveau des veines hépatiques, animal calme).	40,4 à 40,6

11 h.	55 m.	Veine porte, par en bas (veine liée, sang stagnant).	39,7
12	12	Veine porte, par en haut, au-dessous du foie. . . .	40,2
		Intestin duodénum, vers le pylore.	41,2
		Intestin dans lequel la circulation était gênée par la ligature de la veine porte (intestin noirâtre). . .	38,4

On cousit la plaie abdominale et on fit une autre série d'observations sur la température du sang dans le cœur par les procédés ordinaires :

12 h.	12 m.	Cœur droit (animal calme).	41
12	31	Cœur gauche	40,9
		On fit alors la ligature des deux nerfs vagues; et, le thermomètre restant en place, la température monta, dans le cœur gauche, à.	41
		Puis redescendit bientôt à	40,9
		On passa au cœur droit qui donna (fixe)	41,4
		On revint au cœur gauche	41,3
		Le bout périphérique des nerfs vagues étant galvanisé, le thermomètre resta à.	41,3
		Puis, après la galvanisation, remonta à.	41,4
		Une nouvelle galvanisation le fit descendre à . . .	41,3
12	50	On passa au cœur droit.	41,1
		On galvanisa le bout périphérique du nerf vague droit	41,15

On voit d'après ces expériences que :

1° Le duodénum est plus chaud que le sang;

2° Le sang a pris une température plus élevée après la ligature de l'aorte, ce qui montre qu'il faut toujours avoir soin de reprendre les températures après la ligature des vaisseaux ;

3° La température du sang dans le cœur gauche a été trouvée plus élevée que dans l'aorte; de même le cœur droit a été trouvé plus chaud que la veine cave.

4° La température du sang dans le cœur a paru aug-

menter sous l'influence de la ligature des vagues et diminuer sous l'influence de leur galvanisation.

Exp. (29 juillet 1856). — Chien de forte taille, à jeun depuis plusieurs jours, excessivement turbulent. L'animal n'a pas voulu manger depuis qu'il a été amené au laboratoire. Il a bu une assez grande quantité d'eau avant l'expérience.

On fixa l'animal sur la table, puis on pratiqua l'incision dans l'hypochondre droit; mais il fit des efforts si violents qu'il y eut éventration considérable; et les intestins n'ayant pu être réduits que difficilement à cause des efforts de l'animal, restèrent longtemps à l'air. Ce n'est qu'après toutes ces agitations que le chien, épuisé de fatigue, resta calme; on recousit alors la plaie abdominale.

Après cela, on mit à nu l'artère carotide et la veine jugulaire droite pour observer la température du cœur. Les vaisseaux paraissaient peu remplis et l'animal très affaibli; on prit les températures avec un thermomètre à alcool, par les procédés ordinaires et dans l'ordre suivant :

1 h. 47 m.	Cœur droit (l'animal étant calme)	39,5
1 50	Cœur gauche (affaibli; carotide liée)	39,3
	Cœur droit	39,4
	On avait, avant l'expérience, pris la température du rectum	39,6
	Elle est encore de	39,6

Elle n'a donc pas varié pendant toute l'expérience; et il est intéressant de voir ici que la température du rectum est supérieure à celle du sang dans le cœur lui-même.

On revint alors au cœur :

2 h. 1 m.	Cœur gauche	39°,1
2 4	Cœur droit	39°,2

A ce moment, on ouvrit la plaie du ventre ; il se fit une nouvelle hernie ; on prit la température de l'estomac, qui était de 39°,4. L'estomac était donc, ici encore, plus chaud que le cœur. On cessa les observations.

Exp. (25 mai 1853). — Chienne encore jeune, de taille moyenne, en digestion. La température du laboratoire étant de 26 degrés centigrades.

On coupa le vague et le sympathique à gauche, dans la région moyenne du cou. Deux heures et demie environ après l'opération, on observa la température du sang revenant des deux côtés de la tête, en plaçant le thermomètre dans les veines jugulaires. Le thermomètre remplissait exactement le vaisseau, de sorte qu'il n'était en contact avec le sang que par la partie inférieure de la cuvette. C'est une mauvaise condition pour l'expérience.

1re *observation* faite avec le thermomètre métastatique (n° 96), dont les indications sont converties en degrés centigrades.

Veine jugulaire droite	38,282
— gauche	38,494
— droite	38,282
On trouve donc en plus, du côté de la section du sympathique	0,212

Après ces observations, l'animal a été tué par la section du bulbe rachidien. On découvrit aussi vite que possible les gros troncs vasculaires à la partie inférieure

du cou en enlevant la pièce supérieure du sternum. La veine cave supérieure et le tronc artériel brachio-céphalique furent mis à nu. On plongea alors successivement deux thermomètres dans les cavités du cœur. Le sang y était en repos, c'est-à-dire que le cœur ne battait plus au moment où l'on fit les observations dans l'ordre suivant :

L'animal avait été tué à deux heures.

2e *observation.* Thermomètre métastatique (n° 92), plongé dans le ventricule pendant trois minutes. Les indications sont converties en degrés centigrades.

2 h. » m.	Ventricule droit	38,706
2 3	— gauche	38,675
	Différence en faveur du ventricule gauche.	0,031

3e *observation.* Thermomètre métastatique (n° 226), plongé dans les ventricules pendant quatre minutes.

2 h. 10 m.	Ventricule droit	38,462
2 14	— gauche	38,383
	Différence en faveur du ventricule gauche.	0,079
	Ce thermomètre resté dans le cœur gauche donnait, à 2 heures 40 minutes	38,200

4e *observation.* Thermomètre métastatique (n° 92).

2 h. 35 m.	Plongé pendant dix minutes dans la veine cave inférieure pleine de sang, en entrant au niveau de la veine rénale et remontant jusqu'au niveau des veines hépatiques	38,070
2 45	Plongé pendant dix-sept minutes dans l'aorte pleine de sang, entrant au niveau de l'artère rénale et remontant au niveau du diaphragme	37,012
	Différence en faveur de la veine cave	1,058
2 51	On replonge l'instrument comme précédemment dans la veine cave : on a	37,687

Cette dernière observation donna encore sur l'aorte un excès de chaleur de 0°,675.

Elle montrait que l'abaissement de température dans la veine cave en un quart d'heure avait été de 0°,383.

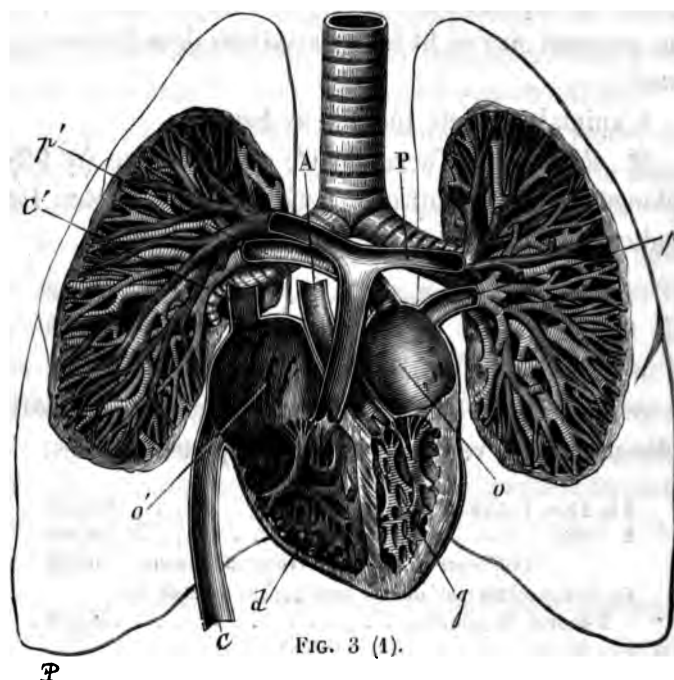


FIG. 3 (1).

Voilà des faits établis au delà desquels je ne veux pas aller aujourd'hui. Relativement à la perte de chaleur qu'éprouve le sang en traversant le poumon, je laisse

(1) *Circulation du sang dans le cœur et dans le poumon.*— A, artère aorte sortant du cœur gauche; — P, artère pulmonaire partant du ventricule droit; — *c*, *c*′, veines caves inférieure et supérieure se rendant dans l'oreillette droite; — *p*, *p*′, veines pulmonaires droite et gauche se rendant dans l'oreillette gauche; — *o*, oreillette gauche; — *o*′, oreillette droite; — *d*, ventricule droit; — *g*, ventricule gauche.

de côté pour le moment toute explication; je ne nie même pas que le sang prenne de la chaleur en passant dans les capillaires du poumon, chaleur que compenseraient et au delà les causes physiques de refroidissement auxquelles il est soumis. Je constate simplement qu'il sort du poumon moins chaud qu'il n'y est entré.

Nos expériences n'ont pas été instituées directement sur les vaisseaux sanguins qui entrent dans le poumon ou qui en sortent. Mais on peut parfaitement admettre que le sang du cœur droit est le sang avant le poumon, et le sang du cœur gauche, le sang après le poumon. (fig. 3).

Il est un organe que nous devrons encore examiner ultérieurement à ce point de vue : c'est le rein. Nous savons déjà que le sang y subit des modifications en rapport avec certaines conditions fonctionnelles; nous devrons examiner si la température du sang veineux en est influencée. Nous aurons à examiner aussi les autres organes sécréteurs dans leur période d'activité et dans leur période de repos; c'est surtout pour ces sortes de recherches, dont nous vous entretiendrons ultérieurement, que le thermomètre métastatique à alcool nous sera utile.

SIXIÈME LEÇON.

30 DÉCEMBRE 1857.

SOMMAIRE : Les foyers de calorification résident dans tous les tissus de l'organisme. — Le sang ne fait que répartir la chaleur. — La chaleur se produit dans les tissus. — Les organes sont plus chauds que le sang qui en sort. — Expériences.

MESSIEURS,

Nous avons consacré les dernières séances à examiner quelle était la température du sang dans les différents points de son parcours. Les études que nous avons faites sur ce sujet nous ont amené à renoncer aux idées qui localiseraient dans le poumon la production de chaleur destinée à compenser la déperdition qui s'en fait continuellement, et à maintenir l'organisme à une température à peu près fixe dans un milieu plus froid et très variable. Nous avons vu encore que c'était dans l'abdomen, au niveau de l'embouchure des veines sus-hépatiques dans la veine cave que le sang présentait la température la plus élevée. Si la source de la chaleur animale devait être circonscrite en un foyer unique, ce n'est plus dans le poumon, mais dans le foie, qu'on devrait être tenté de le localiser. Mais peut-on admettre l'existence d'un foyer unique, ou faut-il comprendre autrement les phénomènes de calorification chez les êtres vivants ? Devons-nous continuer à admettre que la calorification est produite par des organes spéciaux et accor-

der aux organes abdominaux la propriété que l'on avait attribuée au poumon? Je ne le crois pas. Je pense que ce serait se tromper que de croire qu'il y a des organes spécialement producteurs de chaleur à l'exclusion des autres; le phénomène est plus général. La calorification se fait partout, aussi bien dans le poumon et dans les extrémités que dans le foie; mais pour que ce calorique fût partout manifeste, il faudrait que l'organe dans lequel il se produit ne fût pas exposé à le perdre. Le refroidissement du sang qui a traversé un organe prouve simplement qu'en traversant cet organe le sang a perdu plus qu'il n'a gagné.

Pour vous rendre cette vue sensible par un exemple, je vous citerai l'observation suivante. J'avais institué cette expérience pour montrer l'insuffisance d'une explication qui avait été donnée sur l'échauffement de la tête et de la suite de la section du grand sympathique. On a prétendu en effet que si le côté correspondant à la section est plus chaud, cela tient à ce que les vaisseaux, très évidemment dilatés, donnent passage à une quantité de sang beaucoup plus considérable; dès lors, les causes de refroidissement restant les mêmes et agissant sur une plus grande masse de sang, doivent produire des effets moins prononcés, d'où l'élévation relative de température des parties qui sont le siége de cette exagération des phénomènes mécaniques de la circulation. La différence de température des deux oreilles, dans ce cas, tiendrait alors, non à une production plus forte de chaleur dans l'oreille plus chaude, mais à ce qu'elle se refroidirait

moins, étant parcourue par une plus grande quantité de sang chaud venant du cœur.

Pour voir s'il en était ainsi, il fallait expérimenter. Or, l'expérience montre qu'il y a bien de la chaleur produite sur place; que l'accélération mécanique de la circulation a pour conséquence une activité plus grande des phénomènes physiques ou chimiques locaux qu'elle détermine, et auxquels on doit, je crois, rapporter la production de calorique.

Voici ces expériences :

Exp. (18 janvier 1854). — Sur un gros chien, on fit la section du pneumogastrique et du grand sympathique du côté gauche dans la région du cou. Avant l'opération, la température était de 38 degrés dans l'oreille gauche et dans l'oreille droite. Après l'opération, la température était de 40 degrés dans l'oreille droite et 44 degrés dans l'oreille gauche. (Le thermomètre dont on se servait avait le zéro trop élevé et donnait des chiffres trop forts; mais cela n'a pas d'importance dans les observations essentiellement comparatives dont il s'agit ici).

On remarqua chez cet animal tous les symptômes qui, du côté de l'œil, succèdent à la section du sympathique.

Après l'opération, on enveloppa avec un bonnet de ouate la tête de l'animal, de manière qu'il n'y eut pas déperdition de chaleur par contact de l'air extérieur.

Une heure et demie après, on examina la température du sang dans les veines jugulaires et dans l'artère carotide. (Les observations suivantes furent faites avec

un autre thermomètre, le précédent ayant été brisé par un mouvement brusque de l'animal).

En plongeant le thermomètre dans la veine jugulaire externe, et l'introduisant de manière que le cours du sang ne fût pas interrompu, on trouva pour la veine jugulaire droite, 38 degrés; pour la veine jugulaire gauche 39 degrés.

On reprit ensuite la température dans les mêmes veines, ce qui donna :

Pour la veine jugulaire droite, 38 degrés.

Pour la veine jugulaire gauche, 38°,25.

On réitéra cette observation plusieurs fois avec ces derniers résultats.

Ensuite on découvrit l'artère carotide et on introduisit le thermomètre dans ce vaisseau du côté du cœur. On obtint 38 degrés pour le sang artériel. Conséquemment une température un peu inférieure à celle du sang veineux.

Exp. (24 janvier 1854). — Sur un cheval vieux, usé, un peu poussif, on appliqua d'abord le cardiomètre sur l'artère coronaire de la face du côté droit; on obtint une pression oscillant de 95 à 140. L'animal était calme; les pulsations au nombre de 48; les respirations de 12 par minute.

On découvrit ensuite du côté droit la veine jugulaire, l'artère carotide et le pneumogastrique.

Le thermomètre, introduit dans la jugulaire droite, marquait 34 dégrés faible; puis, introduit dans la carotide droite, il marquait 38 degrés faible.

On enveloppa ensuite la tête du cheval avec de la

ouate, une couverture recouvrait la ouate; les naseaux seuls restaient libres.

Une demi-heure après l'application de la ouate, la température, prise dans la veine jugulaire gauche, était de 38 degrés. Alors, on coupa le filet sympathique de ce côté du cou, et on remarqua bientôt après que la chaleur de l'animal avait augmenté, car l'air expiré par la narine produisait une espèce de brouillard par la condensation de la vapeur d'eau, ce qui n'avait pas lieu pour d'autres chevaux placés dans le même lieu.

La circulation n'avait pas été arrêtée dans la veine jugulaire gauche, dont l'ouverture avait été simplement réunie par une épingle.

Une demi-heure après la section du sympathique, on appliqua le cardiomètre sur l'artère coronaire droite de la face déjà expérimentée. Elle donna des oscillations de 60 à 80 pendant l'inspiration et de 80 à 100 pendant l'expiration. La différence de ce résultat avec celui qu'on avait précédemment obtenu (de 95 à 140) ne peut s'expliquer que par la ligature de l'artère carotide droite pratiquée pour prendre la température du sang.

On observa en outre que les respirations de l'animal étaient devenues plus profondes et restaient toujours au même nombre.

On reprit alors la température dans la veine jugulaire gauche et on remarqua que le sang veineux, qui avant la section du grand sympathique était noir, était devenu rouge comme du sang artériel depuis la section du grand sympathique. La température de ce sang veineux était alors de 38 degrés fort.

A ce moment on prit la température du sang dans l'artère carotide correspondante (droite) ; elle donna 37°,5 ; sa température était par conséquent inférieure à celle du sang veineux. On enleva ensuite la ouate qui recouvrait la tête de l'animal et on trouva toute la tête en transpiration.

Les expériences précédemment rapportées semblent donc montrer que si, normalement, la température du sang est plus élevée dans l'artère carotide que dans la veine jugulaire on peut, en empêchant autant que possible la déperdition de calorique, rendre la température du sang veineux au moins égale à celle du sang artériel ; ces expériences apprennent en outre que, après la section du sympathique, le sang veineux, dans certaines circonstances, peut devenir plus chaud que le sang artériel.

On ne peut donc pas, dans les observations ordinaires, qui montrent la température moindre dans le sang veineux, en inférer qu'il ne s'est pas produit de chaleur dans les parties. Il faut admettre au contraire que les extrémités sont, comme les organes splanchniques, le siége de phénomènes de calorification ; seulement, en vertu de conditions physiques spéciales, ces phénomènes n'y sont pas apparents.

D'autres faits viennent nous apprendre en même temps que le sang est simplement, dans les phénomènes calorifiques, un liquide équilibrateur qui opère une répartition aussi égale que possible du calorique produit. Des expériences ont prouvé, en effet, qu'il existe entre les organes et le sang qui les traverse, une différence de température au profit des organes. Les phénomènes de calorification

ne paraissent donc pas se produire dans le liquide sanguin lui-même mais dans les vaisseaux capillaires, soit par le frottement au passage du sang des artères dans les veines, soit par le contact du sang et du tissu de l'organe, lorsque se produisent les phénomènes chimiques de la nutrition.

La production de ces phénomènes chimiques exige un certain temps ; elle serait impossible avec une circulation trop rapide. D'un autre côté, il est nécessaire que la circulation générale ne soit pas interrompue par ces exigences locales; aussi y a-t-il, comme je vous l'ai dit souvent, deux circulations décrites déjà dans beaucoup d'organes. L'une est locale, lente; l'autre rapide et générale; à chaque ondée de la dernière, la circulation capillaire cède et prend une petite quantité de sang, renouvelant ainsi petit à petit les matériaux sur lesquels elle opère. Le sang qu'abandonne la circulation locale générale à la circulation lente lui cède un excès de chaleur ; mais comme ce sang de l'organe n'est pas renouvelé tout à la fois, il reste plus chaud lorsque les parties sont bien protégées contre le refroidissement.

Il est un organe dans lequel on prend très souvent la température, c'est le rectum. Or, dans beaucoup de cas, la température du rectum est plus élevée que celle du cœur droit ou gauche. Un certain nombre d'expériences faites comparativement sur d'autres parties de l'intestin et sur le cœur vont vous montrer ce fait que nous avons déjà signalé :

Exp. (24 juillet 1856). — Chien de petite taille,

jeune, à jeun depuis deux ou trois jours, n'ayant pas voulu manger depuis qu'il est arrivé dans le laboratoire. On fit l'expérience comme à l'ordinaire. Le chien, d'abord turbulent, se calma bientôt et parut affaibli.

			Thermom. mercur.
3 h.	3 m.	Veine cave liée ; on remonte au niveau des veines hépatiques	39,20
3	9	Veine porte liée au-dessous de l'abouchement de la veine splénique et duodénale. Température prise par en haut (animal agité).	39,30
		L'animal devient plus calme.	
3	15	Aorte ventrale liée.	39,40
3	17	Duodénum, estomac.	39,80
3	21	On revient à la veine cave, au niveau des veines hépatiques	39,60
3	23	On revient à la veine porte au dessous du foie	39,40
3	25	On revient à l'orte.	39,50
3	27	On revient au duodénum et à l'estomac	39,60

Dans cette expérience les températures prises après la ligature de l'aorte se sont montrées plus élevées que celles qui avaient été prises avant. Cela s'expliquerait-il par l'augmentation de pression qui a dû en résulter dans le système sanguin ; c'est un fait que nous avons déjà observé et dont l'explication sera ultérieurement à vérifier.

Exp. (2 juillet 1856). — Chien de taille moyenne, ayant fait un repas de tripes une heure avant. La température ambiante était de vingt-cinq degrés. On fit les observations suivantes :

Rectum.	39°,3	39°,2

On ouvrit l'abdomen par le procédé ordinaire et on examina :

Duodénum à l'embouchure de l'estomac. . . .	41°,1
(L'animal était très calme.)	
Estomac.	39°,8

(Le chien était très agité; le thermomètre resta peu de temps dans l'estomac plein d'aliments).

Veine porte, sous le foie		39,50	
Veine porte, bout périphérique.		39,50	
On revient au duodénum.		40,09	
Veine cave inférieure	au niveau du cœur	40,07	
	au niveau du foie	40,20	
	au niveau des veines rénales.	39,80	
Veine cave inférieure du côté du bassin.		39,70	
Aorte ventrale du côté du cœur		40,00	faible
Aorte, par en bas, le vaisseau est presque vide . .		38,00	
Foie, incision faite dans le tissu.		40,01	
Veine cave, au niveau des veines hépatiques . . .		40,08	
Tissu du foie		40,00	fort.
Rectum.		38,60	

Toutes ces observations ont été faites dans l'ordre d'inscription; elles ont duré environ une heure et demie. Alors on a voulu voir l'influence de l'obstruction des naseaux mais l'animal est mort presque instantanément, sans qu'on puisse bien s'en rendre compte, car il n'avait pas perdu beaucoup de sang et il semblait encore assez vigoureux.

Chez ce chien en digestion, le sang des veines hépatiques était donc moins chaud que l'intestin duodénum.

Exp. (2 juillet 1856). — Chien de forte taille, à jeun, ayant déjà subi d'autres expériences. La température ambiante étant de 25 degrés. On commença les ex-

périences à 2 heures 35 minutes ; on les pratiqua par les procédés ordinaires.

2 h.	35 m.	Veine jugulaire du côté du cœur . .	38,6
		— du côté de la tête . .	38,6
2	45	Artère carotide	39,3
4	20	Veine cave au niveau des veines hépathiques.	40,7
		Veine cave inférieure, près du cœur .	40,3
		Veine cave au niveau de la veine rénale	40,5
3	45	Duodénum.	41,1
4	»	Veine porte	40,2
4	10	Aorte abdominale	40,0

Dans le milieu des observations on prit du sang des veines rénales, qui avait une couleur rutilante très belle.

Chez ce chien à jeun, l'intestin était plus chaud que le sang de la veine porte. C'est ce que montrent encore les expériences ci-après :

Exp. — Sur un chien on introduisit par la veine duodénale, un thermomètre que l'on poussa jusque dans le tronc de la veine porte, dont la circulation n'était pas interrompue.

3 h.	25 m.	Veine porte	38,9 / 39,4
3	27	Duodénum vers le pylore	39,8
3	29	Duodénum vers l'extrémité inférieure du duodénum	39,4 / 39,5 / 39,6
3	32	Intestin dans sa portion inférieure.	39,4 / 39,5
3	34	Cavité périt., au-dessous de l'estom. (arrière-cav. des épiplo).	38,9 / 39,9
3	35	Cavité péritonéale	39,4 / 39,5

3 h. 36 m.	On pousse le thermomètre dans la cavité abdominale, du côté du bassin.		39,4 39,5
3	40	Estomac	39,9 39,9 39,9
3	48	Aorte ventrale	39,3 39,4 39,4
3	50	Veine cave au niveau des veines hépatiques	39,7
3	52	....	39,4 39,5 39,5
3	55	Aorte	39,4
4	5	On revient à la veine cave supérieure	39,0
4	7	Crosse de l'aorte	39,4 39,4

Exp. — Chien à jeun.

On introduit le thermomètre dans le duodénum du côté du pylore	41,2 41,1 40,9 40,9 40,5 40,6 40,5
Chez le chien on a trouvé pour la température du sang dans l'aorte	38,6

Mais le thermomètre un peu trop fort remplissait trop l'aorte.

Chien en digestion.

Duodénum vers le pylore	40,0 39,8 39,8 40,2 40,0

Chez ce chien, on trouva 39°,5 pour l'aorte.

L'expérience suivante a été instituée pour rechercher si le système nerveux sympathique peut modifier la température du sang et de l'intestin.

Exp. (1er août 1856). — Sur un chien de taille moyenne, à jeun depuis vingt-quatre heures, on fit une incision sur la ligne blanche et on attira une anse d'intestin qui répondait à peu près (ainsi que l'a fait voir l'autopsie plus tard) au milieu du jéjunum. On fit une ligature sur cette anse intestinale pour la maintenir fixée à la plaie. Mais avant de rentrer l'intestin on décortica les vaisseaux d'un côté de la ligature, et on détruisit dans toute l'étendue d'un décimètre environ les nerfs qui les accompagnent. En examinant comparativement l'intestin privé de ses nerfs et celui qui les avait conservés, on voyait dans ce dernier les artères mésentériques battre avec force, et il semblait que dans la portion de l'intestin où les nerfs avaient été enlevés, ces battements étaient bien plus faibles. Dans l'intestin sain, les artères formaient, à chaque pulsation, une courbure pulsatile considérable; cette courbure était à peine visible du côté où les nerfs manquaient, et on pouvait se demander si la faible pulsation qu'on voyait ne dépendait pas des anastomoses artérielles voisines. Après cet examen, pendant lequel les deux portions de l'intestin étaient dans les mêmes conditions, c'est-à-dire exposées à l'air, on rentra l'intestin dans le ventre; on recousit la plaie en maintenant entre ses lèvres la partie de l'intestin sur laquelle avait été placée la ligature. On fit de chaque côté de cette ligature une petite ponction avec la pointe d'un bistouri, afin de pouvoir introduire le thermomètre dans les deux portions de l'intestin et voir ainsi les modifications qu'y éprouverait la température. Enfonçant le thermomètre d'une égale profondeur dans

les deux côtés, on prit la température de ces deux bouts de l'intestin dix minutes après que la plaie abdominale fut fermée; on obtint :

Dans le bout privé de nerfs	38,8
Dans le bout sain	38,8

Il n'y avait donc pas de différence. On observa, en outre, que la portion de l'intestin qui sortait de la plaie et était immédiatement à côté de la ligature, du côté opéré, était animée de mouvements péristaltiques, tandis que l'autre portion ne l'était pas; il sortait également du liquide par le bout opéré, que l'autopsie montra être le bout inférieur.

Ensuite on laissa le chien en repos pendant environ une heure et demie. Il fit des efforts de vomissement et était comme affaissé. L'animal avait été très agité pendant l'opération. Après une heure et demie on reprit les températures dans les deux bouts de l'intestin, et on trouva :

Intestin opéré (insensible au contact du thermomètre). . .	38,8 fort.
Intestin non opéré (très sensible au contact du thermomètre).	38,6

On reprit la température des deux bouts avec un autre thermomètre à mercure plus sensible, et on trouva :

Intestin opéré (insensible).	39,5
Intestin non opéré (très sensible)	39,4
Rectum	39,3

On fit alors, sur ce même chien, des observations sur le cœur, en entrant, comme à l'ordinaire, par la veine jugulaire et l'artère carotide droites. Les observations

furent faites avec le thermomètre à alcool et dans l'ordre suivant :

Cœur droit	38,8 fort.
Cœur gauche	38,6 fort.
Cœur droit	38,7
Cœur gauche	38,5

Alors on revint à l'intestin et on trouva :

Intestin opéré (insensible)	38,6
— non opéré (sensible)	38,7
— opéré	38,4 38,6
— non opéré (animal calme)	38,7
— opéré	38,7
— non opéré	38,7
Estomac	38,6

Exp. (1856). — Sur un petit chien à jeun depuis trois jours, on prit les températures par les procédés ordinaires, dans l'ordre qui suit :

Duodénum	41,2
Côlon	41,1
Rectum	40,9
Veine cave, au niveau des veines hépatiques (veine non liée)	40,9
Veine cave, bout périphérique	40,5
Cavité péritonéale, sous le foie	40,6
Cavité péritonéale, dans le bassin	40,5

Alors on tenta de détruire les ganglions du plexus solaire, mais on n'y parvint pas complétement. On recousit la plaie abdominale et on laissa l'animal en repos pendant une heure environ. Au bout de ce temps on l'examina de nouveau ; mais il était très affaissé, restant couché sur le flanc. On ouvrit de nouveau la plaie ; du liquide qui s'était échappé par les piqûres faites à

l'intestin était répandu dans le péritoine. On reprit néanmoins les températures suivantes :

Duodénum	38,6
Côlon	37,0
Rectum	37,1
Veine cave au niveau des veines hépatiques.	38,4
Veine cave, bout périphérique.	37,3

On voulut prendre la température dans l'aorte ; mais aussitôt qu'on l'incisa pour y mettre le thermomètre, le chien mourut. On trouva alors dans l'aorte 37°,3. Enfin on plongea le thermomètre dans le tissu du foie et on eût 37°,7.

Exp. (1856). — Sur un chien de petite taille, en digestion, les températures furent prises par les procédés ordinaires et dans l'ordre suivant :

Duodénum	40,0
Cæcum	39,8
Rectum	39,8
Veine cave, au niveau des veines hépatiques.	40,0
Veine cave un peu au-dessus du foie.	40,2
— bout périphérique.	40,0

On tenta alors l'ablation des ganglions du plexus solaire, mais on n'y parvint pas. On recousit la plaie et on laissa l'animal tranquille pendant une heure et demie environ ; après quoi on décousit la plaie pour reprendre les températures. L'animal était affaibli, mais beaucoup moins que celui de l'expérience précédente. Voici les résultats obtenues :

Duodénum	39,2
Rectum.	39,4
Veine cave au-dessus du foie	39,6
— bout inférieur.	39,3
Aorte	39,5

Cette expérience est surtout comparative avec la précédente.

Il en résulterait que chez le chien en digestion la température a été moins élevée dans le duodénum et que le chien a mieux résisté à l'opération.

Un grand nombre d'épreuves nous ont constamment donné ces résultats; toujours nous avons trouvé l'intestin plus chaud que les gros vaisseaux. On trouverait là, s'il était nécessaire, une nouvelle preuve que les phénomènes de calorification se produisent dans les organes eux-mêmes et non dans le sang seul.

Je dois maintenant vous rappeler le point de vue d'après lequel nous envisagerons les questions qui sont l'objet de nos études de cette année; non-seulement mon intention est de vous tracer l'histoire physiologique des liquides organiques, mais je me suis proposé d'insister particulièrement sur la dépendance dans laquelle leurs propriétés se trouvent avec les manifestations fonctionnelles du système nerveux, système harmonisateur par excellence. Je me suis expliqué déjà sur le genre d'influence qu'on doit accorder au système nerveux sur les phénomènes chimiques de la vie. Cette influence ne s'exerce pas sur les liquides directement, mais par l'intermédiaire des solides. Le mode d'action des nerfs vous a déjà été indiqué; ils déterminent une modification chimique en agissant mécaniquement, en rapprochant, en mettant en contact les éléments qui réagissent les uns sur les autres. Le système nerveux a aussi une influence sur la température. A ce sujet, je vous rappellerai une expérience déjà faite devant vous,

expérience que nous aurons plus tard à discuter, à analyser. Voici un lapin sur lequel le filet cervical du grand sympathique a été coupé; de quel côté? je l'ignorerais que pour le savoir il suffirait de toucher les oreilles; et l'élévation de température de l'oreille gauche m'indique suffisamment que c'est à gauche qu'a été opérée la section. Cette expérience est nette et parfaitement décisive; rien ne saurait être plus comparable à l'oreille gauche de cet animal que son oreille droite; on n'ira pas prétendre qu'il respire autrement pour l'une que pour l'autre, et pourtant la différence de température peut être considérable. Si nous coupions d'autres nerfs, la cinquième paire par exemple, nous obtiendrions un résultat inverse; mais dans l'un et l'autre cas, ce n'est pas sur les liquides, c'est sur les tissus que le système nerveux aura agi.

Peut-on admettre que c'est dans le sang même que se produisent les modifications de température? Évidemment non. L'élévation de température ne se produit pas dans le sang mais dans les tissus au contact desquels ce liquide s'échauffe. Les expériences précédentes nous en ont fourni la preuve.

L'expérience qui nous montre le sang artériel tantôt plus chaud que le sang veineux et tantôt plus froid, fait résulter la constance de la température d'une sorte d'équilibre entre les acquisitions et les pertes. Cet équilibre entre la production et la déperdition est réglé par le système nerveux. Nous voyons, en effet, qne toutes les fois qu'il se produit moins de chaleur d'un côté, il s'en produit davantage d'un autre; quand il y a un refroi-

dissement extérieur, un surcroît de chaleur est produit à l'intérieur. Ce fait noté par les pathologistes, qui ont donné le nom de *réaction* aux phénomènes par lesquels se manifeste le retour à l'équilibre, peut être observé dans l'expérience, que j'ai si souvent occasion de vous rappeler, de la section du grand sympathique. Bien que cette observation n'ait encore été faite que sur la tête, nous pouvons cependant en chercher la portée et la signification. Sur un lapin dont les oreilles accusent toutes deux une température de 35 degrés, on coupe d'un côté le filet cervical du grand sympathique ; quelques instants après la section, l'oreille correspondante accuse 38 degrés, tandis que l'autre donne seulement 33 degrés. En élevant la température d'une oreille, on a donc abaissé celle de l'autre. Ce fait est constant.

Si, après avoir coupé le sympathique, on galvanise le bout supérieur, on produit l'effet inverse. Immédiatement, la température baisse dans l'oreille correspondante ; avec les phénomènes physiques de la circulation, on voit diminuer les effets chimiques et calorifiques. Mais en même temps que la galvanisation du bout supérieur du sympathiqne fait baisser la température de l'oreille correspondante, on voit s'élever la température de l'autre oreille. C'est encore un fait constant, observé très souvent sur des lapins. Il semblerait d'après cela que la quantité de sang que prend un organe lui soit donnée aux dépens d'un autre organe, et que l'excès de calorique qui résulte de l'activité plus grande d'une circulation locale soit ainsi compensé par une diminution équivalente de la circulation de quelque autre partie.

Il faut voir là comme toujours une action mécanique du nerf qui indirectement agit sur les phénomènes chimiques. Toutefois, ces actions du système nerveux paraissent différentes dans d'antres points, car si nous voyons la section du sympathique, par exemple, produire de la chaleur dans certaines parties extérieures telles que la tête, nous voyons au contraire qu'elle produit un refroidissement dans certains organes intérieurs tels que dans certaines parties de l'intestin.

Exp. (12 juin 1856). — Gros chien de Terre-Neuve ayant fait son repas depuis six heures. Le temps est chaud, orageux; la température ambiante est de 25 degrés.

Rectum (on place le thermomètre dans le rectum; on l'y laissa et on observa les températures suivantes) :

2 h. 15 m.	39,9
2 30	40,2
3 27	39,9
3 30	40,1

On fit la section des filets sympathiques qui se rendent dans le rectum et on y prit la température après cette opération :

3 h. 40 m.	39,9
3 50	39,7
4 10	39,8

On voit que la section des filets nerveux n'avait pas augmenté la température dans le rectum; sur d'autres animaux, j'ai noté également plutôt un abaissement.

A 2 heures 30 minutes on avait pris la température dans la gueule, elle était de 39°,4.

On prit aussi les températures dans les vaisseaux.

3 h.	30 m.,	carotide droite . . .	39,9
3	30	. . . .	38,9
4	10	. . . .	38,7

Dans la veine jugulaire droite, en poussant le thermomètre vers le cœur :

2 h.	30 m.	. . . .	39,9
3	35	. . . .	39,15
4	15	. . . .	39,2

Dans la veine porte :

3 h.	20 m.	. . . .	40,2
3	55	. . . .	39,5
4	30	après que l'aorte avait été liée. (Là aussi la température a monté par suite de la ligature.)	39,8

Dans la veine cave inférieure, au niveau des veines hépatiques :

4 h.	» m.	. . . .	39,9
4	30	(après aorte liée)	39,9

Dans la veine cave inférieure, du côté des membres inférieurs :

4 h.	» m..	. . . .	39,45
4	15	aorte abdominale	39,60
4	15	côlon descendant	39,30

On avait préalablement fait la section des nerfs qui se rendent dans cette portion du côlon.

Le chien sur lequel ces observations ont été faites avait été agité ; il avait très chaud et était parfois tout haletant.

Exp. (8 août 1856). — Sur un gros chien, à jeun

depuis vingt-quatre heures, on fit les expériences suivantes :

Par une incision pratiquée sur la ligne blanche, on tira une anse intestinale appartenant au jéjunum. On enleva les nerfs dans une partie du bout supérieur, puis après avoir rentré l'intestin, on le fixa à la plaie de manière à pouvoir prendre la température dans le bout supérieur opéré et dans le bout inférieur non opéré.

Voici ce qu'on observa aussitôt après la rentrée de l'intestin.

3 h. 26 m.	Bout supérieur, opéré	38,4
3 28	Bout inférieur, non opéré	39,0

Alors on découvrit la veine jugulaire et l'artère carotide droites :

3 h. 40 m.	Veine jugulaire (à l'entrée de l'oreillette)	38,5 fort.
—	Artère carotide (on atteint la crosse de l'aorte).	38,8
3 45	Veine jugulaire.	38,6

On retourna à l'intestin :

3 h. 45 m.	Bout opéré (thermomètre à mercure).	39,2
—	Bout non opéré, id. .	39,2
—	Bout opéré (thermomètre à alcool). .	39,0
—	Bout non opéré, id. .	39,0
4 h. »	Crurale, id. .	38,7 fort.
—	Crurale, excitée avec une plume . . .	38,7

On revint à l'intestin :

4 h. 10 m.	Bout non opéré (thermomètre à alcool).	39,0
—	Bout opéré, id. .	39,0
—	Bout non opéré (thermom. à mercure).	39,2
—	Bout opéré, id. .	39,2

Alors on fit une incision dans le flanc droit pour

prendre la température des vaisseaux abdominaux; on entra par l'artère et la veine rénales droites.

Veine cave au dessus du foie	38,9
Artère rénale (aorte)	38,7
Veine pancréatique (porte).	38,8

On revint aux intestins avec le thermomètre à alcool.

5 h.	Bout non opéré	39,2
—	Bout opéré.	39,2

Pendant toute l'expérience le chien conserva un calme parfait.

Nous allons enfin vous citer pour terminer un certain nombre de circonstances qui peuvent avoir de l'influence sur la température du sang, telles que la douleur, l'asphyxie ou la compression des organes dans les vaisseaux desquels on observe la température.

Exp. (25 juin 1856). — Sur un chien adulte, de taille moyenne, assez vigoureux, amené le matin, on découvrit la veine jugulaire et l'artère carotide du côté droit; on tenta sur la pression du sang quelques expériences qui ne réussirent pas; puis on fit sur les températures les observations suivantes :

Un thermomètre à mercure fut introduit dans l'artère carotide en même temps qu'on mit à découvert un rameau nerveux du plexus cervical; et on galvanisa le bout central de ce nerf avec la pince électrique. Il en résulta de la douleur, de l'agitation; et on observa qu'au moment de cette douleur et de cette agitation, la température avait monté assez vite, mais non instantanément, puis elle avait baissé. Quand on recommença, les mêmes effets se reproduisirent.

Le thermomètre restant toujours dans l'artère, enfoncé aussi profondément que possible, et jusque dans le tronc brachio-céphalique, on fit les expériences suivantes :

Artère carotide	39,4
On bouche les narines de l'animal pendant une demi-minute environ, et un peu après le thermomètre monte à	40,0
On laisse alors la respiration se faire librement, et le thermomètre redescend bientôt et reste fixe à. . .	39,3
On bouche de nouveau le nez, le thermomètre monte à	39,6
On laisse ensuite respirer librement ; il redescend à où il reste fixe.	39,1

On continua la même observation en notant très exactement le temps.

3 h.	47 m.,	le thermomètre étant à.	39,1
		on boucha les narines ; aussitôt, la température descendit à	39,0
		Mais, continuant à tenir les narines bouchées pendant une demi-minute, le thermomètre monta à	39,3
3 h.	47 m.,	on laissa respirer librement ; le thermomètre continua encore à monter jusqu'à	39,4
3	48	. . . .	39,4
		Alors le chien haletant ; respiration rapide ; la température baissa.	
3	49	. . . .	38,8
3	50	. . . .	38,6
		La température resta fixe à ce point.	

On eût donc pour les oscillations de température le tableau comparatif suivant :

Respiration libre.		Respiration gênée.
39,4	. . . .	40,0
39,3	. . . .	39,6
39,1	. . . .	»

Respiration libre.		Respiration gênée.
39,0	. . . .	39,3 39,4
38,8 38,6	. . . .	39,2

On voit d'après les nombres que, à mesure que l'animal est plus fatigué par la durée de l'expérience, la température baisse d'une façon absolue, tant pour les *maxima* que pour les *minima*, mais que néanmoins ces indications extrêmes restent entre elles dans les mêmes rapports.

On fit une seconde série d'observations à l'aide d'un thermomètre à mercure plus grand placé dans la veine jugulaire et plongé jusqu'au niveau de l'oreillette.

3 h.	57 m.	. . . .	39,2 fixe.
3	58	On bouche les narines	39,3 39,4 39,5
3	59	On débouche le nez; le thermomètre continue à monter encore	39,6 39,7
4	»	Le chien devient haletant; alors le thermomètre descend successivement à.	39,6 39,5 39,4 39,4
4	1	. . . .	39,2 fixe.
4	1	On bouche le nez de nouveau; le thermomètre monte aussitôt à	39,4 39,4 fixe.
4	5	On bouche encore le nez, le thermomètre monte à.	39,6 39,6
4	7	Le chien devient haletant; respiration rapide; le thermomètre descend à	39,4

On cessa les observations.

Voici les oscillations de cette série d'observations :

Respiration libre.	Respiration gênée.
39,2	39,7
39,2	39,6

Il a semblé, dans cette série d'observations sur la veine, que l'élévation de température avait lieu aussitôt qu'on bouchait le nez, tandis que pour l'artère, il y avait au premier moment un léger abaissement; l'élévation ne venait qu'un peu plus tard.

Exp. (11 juillet 1856), — Sur un très gros chien, en digestion, bien portant, on mit à découvert l'artère et la veine crurales du côté droit. On prit les vaisseaux au-dessous des branches crurales profondes pour ne pas interrompre tout à fait la circulation.

On introduisit d'abord le thermomètre à alcool dans l'artère et on le poussa jusque dans le bassin (le nerf crural était à découvert à côté des vaisseaux).

On fit alors les expériences dans l'ordre suivant :

12 h.	30 m.	Artère crurale, bout central	39,3
12	32	Artère crurale, l'artère liée sur le thermomètre	39,4
12	39	Veine crurale, bout périphérique	38,5
12	41	Veine crurale, on lie la veine; bout central jusque dans le bassin	39,4
12	43	Veine crurale, en enfonçant aussi loin que possible dans la veine iliaque	39,5
12	47	On se remet dans l'artère crurale	39,5
12	54	Alors on excite le nerf crural avec la pince électrique; le chien éprouve de la douleur et s'agite; l'artère crurale donne	39,8
12	56	On cesse l'excitation, le chien se calme, le thermomètre descend à	39,6

12 h.	57 m.	On excite le chien en irritant par le nerf ; le thermomètre monte	39,8
12	59	On cesse l'excitation	39,6
		On revient alors à la veine crurale :	
1	3	Bout central jusqu'à la veine iliaque . . .	39,5
1	5	On excite le nerf.	39,6
1	8	On excite encore.	39,8
		On cesse l'excitation et la température retombe peu à peu à	39,6

On cessa alors l'observation.

Chez cet animal on fit encore l'observation qui est la suivante: on a noté que lorsqu'on excitait l'animal, qu'il se mouvait, s'agitait, il se manifestait une élévation de température qui était assez généralement de 0°,2. Cette augmentation de température ne se manifestait pas aussitôt, mais se montrait seulement vers la fin de l'excitation et continuait après que l'excitation avait cessé. Ensuite, la température revenait peu à peu à son point de départ; peut-être même restait-elle un peu supérieure.

Exp. (15 juillet 1856). — Chien de taille moyenne, adulte, et en digestion. On fit les observations avec le thermomètre à alcool.

On pratiqua l'incision dans l'hypochondre droit suivant le procédé ordinaire ; on attira le rein droit, et par la veine rénale le thermomètre fut introduit dans la veine cave inférieure. On observa les températures dans l'ordre suivant :

1 h. 57 m.	Veine cave inférieure, au-dessus des rénales, au niveau des veines sus-hépatiques, circulation non interrompue.	40,4 40,5

1 h.	58 m.	Oscillations; pendant tout ce temps le chien gémit.	40,4 40,3 40,4 40,3
1	59	. . . .	40,4 faible.
2	»	On retire le thermomètre en bas jusqu'au niveau du rein.	39,5
		Veine rénale	39,4
		Veine rénale (chien agité).	39,3
2	1	. . . .	39,4
		Alors on lie la veine rénale droite et on prend l'aorte abdominale, parce qu'on n'a pas pu entrer par l'artère rénale.	
2	14	Aorte abdominale	40,2 40,0 40,2
2	15	. . . .	40,3 40,4 40,5
2	16	. . . .	40,6
2	20	On revient par la veine rénale dans la veine cave au niveau des veines hépatiques.	40,5 40,8 40,9
2	21	. . . .	40,9

Alors le thermomètre se casse dans un mouvement de l'animal.

D'après les nombres qui précèdent, on voit qu'après la ligature de l'aorte la température a monté dans la veine cave.

Alors, avec un autre thermomètre à alcool, on se place dans la veine porte.

2 h. 32 m.	Veine porte, sous le foie.	39,5 39,6 39,7 39,6
	On comprime les parois du ventre . .	39,7 39,8 39,6

2 h. 34 m.	On cesse de comprimer	39,8 39,6 39,6
	Alors on comprime de nouveau. . . .	40,0 40,2 40,3
	On cesse la compression.	40,2 40,0 39,9
	L'animal respire très rapidement; on comprime	39,3 39,9 40,0 40,0 40,3
2 h. 32 m.	Compression continuée.	40,4 40,5 40,6

(Il restera à vérifier dans d'autres expériences si la compression du ventre n'augmentera pas la température dans le cœur ou dans d'autres vaisseaux).

(On verra également si la ligature de l'aorte, des carotides ou des artères brachiales agira de même).

2 h. 36 m.	On prend la température du duodénum.	40,8 40,9 40,8 40,9
2 37	. . . .	41,0
2 45	On revient à l'aorte.	40,9 41,0 40,9
	Veine cave au niveau des veines hépatiques.	41,3
	La veine n'est pas liée	41,4
	On comprime l'abdomen..	41,5 41,6
2 h. 49 m.	On cesse la compression.	41,5 41,5

D'après toutes ces expériences, il faudra donc recher-

cher si la ligature des vaisseaux et la compression des organes sont une cause d'élévation de la température dans toutes les parties du système circulatoire, ou bien si cette augmentation ne s'étend pas partout également.

Nous aurons plus tard à examiner la température du sang dans les organes musculaires ou glandulaires à l'état de repos ou à l'état fonctionnel. Ces recherches devront porter successivement sur chaque organe en particulier; et, à propos des sécrétions, nous examinerons ces phénomènes dans les différentes glandes et dans le rein.

SEPTIÈME LEÇON.

13 JANVIER 1858.

SOMMAIRE : Phénomènes physiques de la circulation. — De la pression dans les voies circulatoires. — Moyens employés pour la mesurer. — Hémodynamomètre. — Cardiomètre. — Comparaison de ces deux instruments. — Pression artérielle et impulsion cardiaque. — La pression constante est nulle dans les ventricules. — Expériences.

MESSIEURS,

Jusqu'ici je vous ai entretenus de la température qui est une propriété importante du sang. Mais le sang doit se mouvoir pour remplir ses fonctions dans l'économie ; et, à ce propos, il nous offre à considérer encore des phénomènes physiques du plus haut intérêt. Nous voyons dans la fonction circulatoire le mécanisme par lequel il se trouve mis en contact avec les organes, et les conditions dynamiques de ce contact. C'est à cet ordre de faits que nous passerons aujourd'hui ; leur étude nous est nécessaire si nous voulons arriver à faire entrer dans l'explication des phénomènes de formation des liquides toutes les données qui peuvent conduire à leur connaissance.

Le sang, dans le système vasculaire, circule soumis à une certaine pression. La pression du sang a été l'objet d'études multipliées et déjà fort anciennes. Dans le siècle dernier, Hales jugeait de la pression du sang par la hauteur à laquelle ce liquide s'élevait dans un tube de verre verticalement appliqué sur une artère. On s'est peu écarté depuis de ce procédé qu'on a seule-

ment perfectionné au point de vue instrumental, évitant à chaque modification quelqu'une des causes d'erreurs qui, dans l'expérience de Hales, enlevaient au résultat obtenu une partie de la précision qu'on en attendait.

En 1828 furent publiées les expériences de M. Poiseuille. L'instrument (fig. 4) dont fait usage M. Poiseuille est un tube à double courbure, dont le coude GKCDH est rempli de mercure. Une des branches AB de ce tube, coudée et horizontale, s'applique sur une artère; l'autre, verticale HE, portant une graduation LM, communique avec l'air extérieur. On lit sur cette branche l'élévation de la colonne mercurielle, qui, ajoutée à sa dépression correspondante dans l'autre branche graduée RS, donne en hauteur de mercure la pression du sang dans le vaisseau. Cet instrument n'est donc pas autre chose qu'un manomètre à air libre traduisant la pression du sang dans le vaisseau sur lequel il est appliqué. La plus grande partie des observations que nous possédons sur la pression du sang ont été faites avec cet appareil simple et d'un usage facile. Une précaution est toutefois nécessaire pour qu'il soit possible d'en faire usage; il est nécessaire de remplir d'une solution saturée de carbonate de soude la branche sur laquelle se fixe l'artère; sans cela le sang se coagulerait et l'observation serait impossible.

M. Poiseuille a trouvé ainsi que la pression sous laquelle le sang circule dans le système artériel est mesurée par 150 millimètres de mercure environ; l'observation donne des écarts quelquefois assez grands; ce chiffre n'est donc qu'une moyenne.

Indépendamment des variations qu'elle éprouve lors-

qu'on passe d'une espèce à une autre espèce animale, ou même simplement d'un individu à un autre, cette pression est modifiée par des variations en rapport avec diverses circonstances physiologiques : la respiration, les efforts, l'impulsion cardiaque, etc. Pour aujourd'hui je ne veux que fixer vos idées sur la valeur des instruments dont ont fait usage les divers expérimentateurs.

Nous retrouvons l'instrument de M. Poiseuille dans les appareils dont ont fait usage Ludwig, Volkmann, etc. C'est toujours essentiellement le manomètre à air libre de M. Poiseuille ; la modification ne porte que sur le procédé de lecture, qui se trouve précisé par l'addition à l'appareil d'un mécanisme enregistreur, donnant à chaque instant une représentation graphique de la hauteur de la colonne. Dans la branche ouverte du manomètre, le mercure porte un flotteur de fer formant, avec une tige munie d'un pinceau ou d'un stylet, un système mobile qui suit les oscillations de la colonne mercurielle. L'extrémité du stylet est en rapport avec un cylindre animé d'un mouvement de rotation uniforme sur lequel elle enregistre la hauteur à observer. Il en résulte une ligne continue qui donne cette hauteur, et, par suite, la pression, pour chaque instant de l'expérience, en traduisant aux yeux d'une façon nette et facilement intelligible la marche du phénomène.

Dans le manomètre, tout le mercure employé étant déplacé à la fois, il en résulte des frottements considérables, et la perte partielle d'une force qui doit d'abord mettre en mouvement une certaine masse de

mercure. Il en résulte que, très propre à accuser une pression constante, cet appareil ne traduit qu'avec lenteur et difficulté les variations qui peuvent survenir dans l'intensité de cette pression. Le cardiomètre (*fig.* 5) n'offre plus le même inconvénient ; le mercure y remplit un flacon d'un diamètre très large, et recevant par le tube latéral *c*, plein d'une solution saturée de carbonate

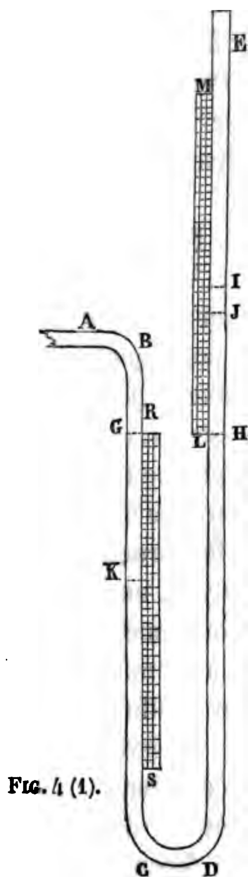


Fig. 4 (1).

(1) Cet instrument est un tube de verre présentant une base horizontale AB, une branche verticale descendante BC, et une troisième branche ascendante DE, courbée de manière à offrir en B un quart de cercle, et en CD un demi-cercle. Quand on met du mercure dans la partie GCDH, le tube étant dans une position verticale, les niveaux G et H du mercure sont à la même hauteur dans les deux branches. Si le sang s'introduit dans la partie ABG par l'orifice A, abouché à une artère, il pressera sur la surface G du mercure; le métal sera déprimé dans la branche BC de G en K, par exemple, lorsqu'il s'élèvera dans la branche DE en I. Or, d'après les lois de l'hydrostatique, la force totale avec laquelle le sang se meut dans l'artère sera mesurée par le poids d'un cylindre de mercure dont la base est un cercle qui a pour diamètre celui de l'artère, et dont la différence est la hauteur IK des deux niveaux de mercure, déduction faite de la hauteur de la petite colonne de métal qui peut faire équilibre à la colonne sanguine BK. Pour prévenir la coagulation du sang au moment de sa pénétration dans la branche horizontale, cette partie du tube est remplie avant l'introduction du mercure d'une dissolution de sous-carbonate de soude qui a la propriété de maintenir l'état liquide du sang.

de soude, la pression du sang artériel. Lorsqu'on applique le tube *c* à une artère, on voit le mercure monter dans le tube manométrique T, et, arrivé à une certaine hauteur, y éprouver des oscillations bien marquées et isochrones aux pulsations

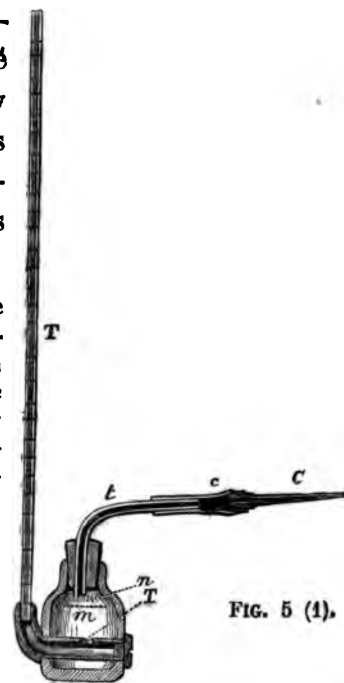


FIG. 5 (1).

(1) Le cardiomètre se compose d'un flacon en verre épais et solide. Ce flacon est traversé par un tube en fer solidement scellé. Ce tube porte une ouverture en T par laquelle entre le mercure qui remplit le flacon de verre. Une extrémité du tube de fer est bouchée, l'autre sort du flacon et se recourbe en haut de manière à recevoir en *n'* un tube en verre T qui est gradué, et qui a tout au plus 2 à 3 millimètres de diamètre intérieur.

Par sa partie supérieure, le flacon est fermé hermétiquement par un bouchon percé d'un tube *t* de verre ou de fer, au bout duquel se trouve ajusté un tube en métal *c*, destiné à entrer dans le vaisseau dans lequel on veut mesurer la pression. Le tube C est réuni au tube T par un tube de caoutchouc vulcanisé *c* qui est très court.

Quand l'instrument est en action, toute la portion supérieure de l'appareil C*ct* est remplie de carbonate de soude pour empêcher la coagulation du sang. Le niveau du mercure est en *n* dans le flacon, et *n'* en dehors. Ce niveau correspond au zéro, et quand le sang presse sur la surface mercurielle *m* du mercure, la pression se communique par l'ouverture T du tube en fer, et le mercure monte dans le tube en verre gradué. La longueur du tube T doit aller jusqu'à 250 pour les fortes pressions.

cardiaques. Ces oscillations, qui répondent aux contractions du cœur, sont très marquées dans cet instrument, qui est éminemment propre à les mettre en évidence; de là le nom de cardiomètre que nous devons lui donner. Nous l'avons expérimenté à ce point de vue comparativement avec le manomètre ordinaire. Les résultats obtenus offrent des différences fort remarquables. Ainsi, on avait appliqué sur le bout central de l'artère carotide d'un chien l'hémodynamomètre de M. Poiseuille; le mercure monta dans le tube puis se mit à osciller; l'examen des points extrêmes de sa course donna pour :

Pression maximum	146	millimètres.
Et pour pression minimum	134	—
Différence représentant la pulsation . . .	12	—

Sur la même artère on appliqua aussitôt après le cardiomètre dont le diamètre du tube était le même, et on trouva l'animal calme comme précédemment :

Maximum.	174	millimètres.
Minimum	130	—
Différence.	44	—

En comparant ces résultats, on voit immédiatement que la pression minimum, c'est-à-dire que la pression constante du sang dans les artères, est accusée sensiblement la même dans les deux appareils; mais il n'en est plus de même de la poussée intermittente imprimée par la pulsation cardiaque à la colonne liquide; tandis que l'hémodynamomètre indique une impulsion de 12 millimètres seulement, l'appareil cardiométrique en donne 44. C'est donc au cardiomètre qu'on devra re-

courir lorsqu'on voudra juger de l'intensité des modifications qui surviennent brusquement dans la pression cardiaque.

Voici, du reste, des expériences qui ont été faites dans le but de comparer le cardiomètre avec un hémodynamomètre du même diamètre. On verra par cette comparaison que la pression constante est accusée sensiblement la même dans les deux instruments, tandis que la pulsation est presque triple en étendue dans le cardiomètre.

Comparaison des indications de l'hémodynamomètre et du cardiomètre.

I. *Comparaison de la pression.*

HÉMODYNAMOMÈTRE, millimètres.	CARDIOMÈTRE. millimètres.
1	1,04
5	5,2
10	10,4
15	16,6
20	20,8
25	26
30	31,2
40	41,6
50	52,0
60	62,4
70	72,8
80	83,2
90	93,6
100	104,0
105	109,2
110	114,4
120	124,8
140	145,6
150	156,0
155	161,2
160	166,4
165	171,6
170	176,8
180	187,2
190	197,2
200	208,0

II. *Comparaison des oscillations.*

HÉMODYNAMOMÈTRE. millimètres.	CARDIOMÈTRE. millimètres.
1	2,8
5	14,0
6	16,8
7	19,6
8	22,4
9	25,2
10	28,0
15	42,0
20	56,0
25	70,0
30	84,0
35	»
40	112,0
50	140,0
60	168,0
70	196,0
80	224,0
100	280,0

Nous devons donc dès à présent distinguer deux phénomènes dans le fait de la pression à laquelle est soumis le sang dans le système artériel : une pression à peu près constante et des oscillations inconstantes; la pression constante étant le fait de l'élasticité et de la résistance des parois artérielles, les oscillations variables traduisant l'impulsion du cœur. Il est important de bien distinguer les phénomènes et de se mettre à même de les étudier séparément, parce qu'ils ne sont pas liés dans leurs variations par un rapport constant; le premier paraît surtout mécanique; le second est essentiellement physiologique. Mais un exemple vous fera mieux saisir la nature des rapports de ces deux phénomènes et la nécessité de les envisager isolément.

M. Poiseuille avait pensé *à priori* que la pression devait varier chez les animaux de volume différent, et être en rapport avec leur taille. Ayant fait faire, pour expérimenter sur des chiens, un appareil du volume de celui-ci (fig. 4), il crut devoir, se disposant à expérimenter sur des chevaux, faire construire un appareil beaucoup plus grand. Mais l'essai montra que cet appareil nouveau était inutile, celui qui servait pour les chiens était suffisant; la différence si grande qu'on avait supposée n'existait pas.

Il y a cependant une différence entre la pression du sang chez les animaux de grande et de petite taille, différence qu'il sera facile de saisir maintenant que nous distinguons deux phénomènes dans les pressions qui peuvent être indiquées par le manomètre. Dans ses observations, M. Poiseuille prenait la moyenne entre l'indication maximum et l'indication minimum ; cette

moyenne, nous l'avons dit, différait peu de la hauteur minimum en raison du peu d'aptitude de l'instrument à indiquer les variations brusques de pression. Mais là où M. Poiseuille n'a cru devoir noter qu'une pression, le cardiomètre en accusera deux, l'une fixe, l'autre mobile ; la première sensiblement égale chez les animaux, la seconde variant d'un animal à un autre en raison d'une foule de conditions, parmi lesquelles il faut tenir grand compte de la taille. L'appareil cardiométrique est donc un grand perfectionnement dans les moyens d'observation.

Nous venons de voir dans l'appareil circulatoire un système clos dans lequel un liquide se meut dans des tuyaux élastiques, les artères suivant des lois physiques incessamment modifiées dans leur manifestation par l'influence des mouvements du cœur, influence qui vient à chaque instant en changer les conditions. Il en est d'ailleurs ainsi de tous les appareils organiques qui accomplissent des actes chimiques ou physiques, mais dans lesquels ces actes sont incessamment mobiles en raison des changements que l'élément nerveux apporte à chaque instant dans les conditions mécaniques de leur production. Il y a donc là, dans tout acte physiologique, deux éléments dont il faut tenir compte si l'on veut arriver à une saine interprétation des faits.

Nous avons vu que les organes qui constituent l'appareil chargé de porter le sang à toutes les parties du corps étaient les artères, tubes élastiques, capables d'une certaine résistance à la distension, et le cœur, organe musculaire, actif. Aux artères appartient le rôle

plus spécialement mécanique ; au cœur le rôle physiologique, bien qu'il manifeste aussi son activité par des actes mécaniques. Ces deux conditions, l'une physique, fixe ; l'autre physiologique, mobile, peuvent, comme vous l'avez vu, être distinguées et étudiées séparément lorsqu'on fait usage d'un appareil approprié à ce genre d'observations. On voit alors une pression minimum fixe, répondant à la résistance élastique des parois artérielles, et un maximum répondant à la pression que vient y ajouter la contraction physiologique du cœur. J'ai insisté sur la nécessité de tenir compte séparément de ces deux états, parce qu'ils ne varient pas dans le même sens. C'est ainsi qu'étudiant la pression dans diverses espèces animales, nous avons vu varier les oscillations suivant la grosseur des animaux ou l'éloignement du cœur, tandis que la pression minimum ne variait que dans des limites très étroites. Voici des chiffres obtenus avec le cardiomètre, qui nous en donnent une nouvelle preuve :

	Minimum.	Maximum.	Différence.
Carotide d'un cheval.	110	175	65
— d'un chien	103	115	12
— d'un lapin	95	100	5

Les minima à peu près semblables ne sont pas en rapport avec la taille des animaux ; mais les différences des oscillations 65, 12, 5, représentent assez bien les rapports de taille des animaux.

Examinons donc aujourd'hui ce que deviennent ces deux éléments de la pression artérielle lorsqu'on les suit dans les différentes parties de l'appareil circulatoire.

Et d'abord la pression fixe, pression artérielle,

n'existe que dans les artères. Si l'on prend la pression du sang dans l'artère ou dans le ventricule du cœur, on a des résultats tout différents. Nous avons vu le mercure du cardiomètre appliqué sur une artère s'élever immédiatement à une certaine hauteur, puis y osciller sans jamais retomber à son point de départ, c'est-à-dire au zéro de l'instrument. Les choses ne se passent plus de même lorsqu'on prend la pression dans le cœur à l'aide d'une sonde introduite dans le ventricule droit ou gauche; on trouve que le maximum d'élévation est très sensiblement uniforme; mais il n'est plus décomposable en deux pressions de nature différente; il appartient tout entier à la pulsation et le mercure retombe après chaque oscillation à son point de départ, c'est-à-dire au zéro de l'instrument.

L'oscillation est dans ce cas plus forte, parce que la transmission n'a pas à vaincre la résistance que lui oppose dans les artères la tension du système. Dans le cœur il n'y a donc pas de pression constante; si dans quelques circonstances le mercure ne retombe pas au zéro de l'instrument à chaque oscillation, cela tient à leur rapidité et à ce qu'une impulsion nouvelle vient le faire monter avant que l'effet de l'impulsion précédente soit épuisé. Mais chez les gros animaux dont les pulsations sont plus rares, chez les chevaux par exemple, le mercure a toujours le temps de retomber. On constate donc très nettement chez eux la différence qu'offre la pression envisagée dans le système artériel et dans le cœur. Dans le système artériel, la pression reconnaît deux éléments, l'un fixe, l'autre mobile, en rapport avec l'impulsion

cardiaque; dans le cœur cette dernière force se rencontre seule et se manifeste au manomètre avec toute son intensité. C'est ce que prouve l'expérience suivante:

Exp. (12 novembre 1847). — Sur un chien d'une taille un peu au-dessus de la moyenne, à jeun, on introduisit dans le ventricule droit un tube de verre qui communiquait avec le cardiomètre. On obtint ainsi l'impulsion du ventricule sans pression constante. Cette impulsion était forte, plus forte que la pulsation artérielle. Cette pulsation était excessivement sèche et brusque, tandis que la pulsation des artères est ondulante et souple.

Le cardiomètre donna les indications suivantes :

Min.	Max.	Min.	Max.
0 —	60	0 —	45
0 —	50	0 —	55
0 —	40	0 —	60
0 —	65	0 —	65
0 —	65	0 —	65
0 —	60	0 —	70
0 —	40	0 —	60
0 —	60		

Après chaque pulsation le manomètre retombait, comme on le voit, à 0. On observait très peu de petites pulsations ; cependaut on en voyait qui étaient quelquefois assez difficiles à caractériser. On avait parfois la succession suivante :

Min.		Max.		Pulsa.
10	à	77	=	67
20	à	50	=	30
10	à	70	=	35
0	à	70	=	70

A l'autopsie de l'animal on trouva que le ventricule avait été blessé par le bout du tube, d'où était résulté l'épanchement d'une petite quantité de sang dans le péricarde.

Voici maintenant quelques expériences qui ont été faites comparativement avec le manomètre et le cardiomètre, expériences dans lesquelles on peut vérifier ce qui a été avancé précédemment, c'est-à-dire que les impulsions cardiaques sont distinctes de la pression constante artérielle dans les indications du cardiomètre où elles peuvent facilement être étudiées.

Exp. (15 octobre 1847). — Sur un chien déjà opéré le 12 octobre 1847, on appliqua d'abord au bout central de l'artère carotide droite l'hémodynamomètre. On obtint une oscillation entre 70 m. et 75 m., l'animal étant calme; ce qui représentait des pressions de 140 à 150 m. m. Les pulsations n'étaient que de 2 à 3 m. m. dans chaque branche, soit, en tout, de 4 à 6 millimètres.

Sur le même bout artériel on appliqua ensuite le cardiomètre et on obtint ce qui sui:

	Minimum.	Maximum.	Pulsations.
1°	90	140	50
2°	100	150, 160, 170	50, 10, 10
3°	95	160	75
4°	90	100	10
5°	95	140	45
6°	90	150	60

Jusqu'alors l'animal avait toujours été calme. Il avait 20 respirations et 108 pulsations par minute. On eut, quand il commença à gémir et à faire des efforts :

7°	120	150	30
8°	120	140	30
9°	120	150	30
10°	115	145	30
11°	110	145	35
12°	120	150	30
13°	105	140	35

Alors l'animal, devenu un peu plus calme, on eut :

14°	105	150	45
15°	105	140	35
16°	110	150	40
17°	100	145	45

Des indications précédentes il résulte :

1° Que l'animal étant calme, l'impulsion cardiaque est plus forte et qu'elle diminue pendant les cris ou les efforts en même temps que la pression constante augmente;

2° On voit aussi que l'hémodynamomètre et le cardiomètre ont donné des résultats très différents.

Avec le cardiomètre, on a obtenu, pour la pression artérielle, de 90 à 100, l'animal étant calme; et, pour les pulsations, 10 à 50. Avec l'hémodynamomètre, les pulsations cardiaques et la pression artérielle étaient à peu près confondues dans une même indication.

Après les observations qui précèdent, on laissa le cardiomètre en place sur l'artère carotide et on saigna l'animal à la veine jugulaire droite. Pendant l'écoulement de la saignée, qui dura environ dix minutes, on fit les observations suivantes :

	Minimum.	Maximum.	Pulsations.
1°	110	140	30
2°	105	145	40
3°	110	140	30
4°	110	140	30
5°	110	135	25
6°	110	130	20
7°	110	125	10
8°	105	115	10
9°	110	115	5
10°	95	100	5
11°	90	100	10
12°	80	90	10
13°	80	90	10
14°	85	90	5

Pendant tout ce temps, l'animal était resté calme; mais pendant la saignée, les respirations s'étaient accélérées peu à peu et étaient arrivées au nombre de 66 par minute.

Alors on arrêta la saignée; les respirations devinrent moins fréquentes, à mesure que l'animal revenait à lui; elles descendirent au chiffre de 24, et les pulsations à 140 par minute. L'animal était affaibli; le cardiomètre était toujours en place, et voici ce qu'on observa après l'arrêt de la saignée :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.
100	110	10
110	115	5
105	115	10
110	120	10
110	125	15

A mesure que l'animal se rétablissaitt de l'affaiblissement dû à la saignée, la pression cardiaque devenait plus énergique. Elle resta toutefois inférieure à ce qu'elle était avant. Le 9 novembre, sur le même animal, on découvrit les racines rachidiennes lombaires.

Après l'opération, on appliqua le cardiomètre à l'artère crurale et on obtint :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.
100	120	20
100	115	15

Alors on constata la sensibilité récurrente dans la septième racine lombaire antérieure; puis on coupa la racine postérieure correspondante; après quoi le pincement de la racine antérieure ne donnait aucune variation dans les indications de l'instrument, ni aucune manifestation de douleur de la part de l'animal.

On attendit environ une demi-heure pour laisser reposer l'animal, et on examina de nouveau la racine antérieure, qui ne donna encore aucune indication à l'instrument.

Exp. — Sur un lapin on appliqua le cardiomètre à l'artère carotide et on obtint :

Pression minimum.	Maximum.
95	100

Ce qui donna 5 millimètres d'oscillation.

Exp. — Sur un chien, on appliqua à la carotide gauche le même instrument, muni de la même embouchure dont la lumière avait environ 1 millimètre de diamètre. On obtint :

Pression minimum.	Maximum.
110	165

Ce qui donne 55 millimètres d'oscillation.

Cette différence de 55 millimètres n'est pas constituée par une seule pulsation, parce que chez le chien les oscillations du pouls sont très irrégulières. Voici ce qu'on observait :

Il y avait de petites pulsations qui faisaient monter la colonne de 7 à 10 millimètres, et ensuite de grandes pulsations qui arrivaient d'une manière intermittente et faisaient monter d'un coup la colonne de 55 millimètres. Par l'addition successive de ces pulsations, l'élévation du mercure arriva jusqu'à 190, pour ensuite redescendre à 135.

On lia la carotide droite pendant que l'instrument était appliqué à la carotide gauche, et on eut :

Minimum.	Maximum.
165	200

Toutefois, on voit ici que si la pression a augmenté

d'une manière absolue, la pression mobile avait diminué, car elle ne montait pas au delà de 85 millimètres, et on voyait alors les petites pulsations marquer seulement 6 à 7 millimètres, tandis que les grandes pulsations n'étaient plus que de 20 millimètres.

On délia ensuite la carotide droite et la pression redevint exactement ce qu'elle était auparavant.

On aspira ensuite par la carotide droite, à l'aide d'une seringue, de 80 à 100 grammes de sang artériel, le cardiomètre étant toujours en place. La pression se trouva diminuée et on obtint :

Minimum.	Maximum.
110	135

On voit ici que tout a diminué, pression constante et pulsation.

On observa alors que les petites pulsations ont surtout diminué ; elles ne sont plus que de 2 à 3 millimètres.

Sans avoir quitté l'artère carotide droite, on y repousse alors le sang qu'on avait aspiré avec la seringue. Par cette injection la pression augmente et on trouve :

Minimum.	Maximum.
140	190

L'oscillation est donc de 50.

La réintroduction du sang, quoiqu'elle ait été faite lentement, a été nuisible à l'animal. Quelques instants après, il a été trouvé dans un état très grave. Cependant, à l'autopsie, il n'y avait pas d'ecchymose dans le tissu du cœur, comme cela a été observé dans certains autres cas analogues.

Exp. (15 septembre 1847). — Sur un chien de

taille moyenne on appliqua le cardiomètre à la carotide gauche et on obtint :

Minimum : 95, se montrant toutes les fois qu'après quelques petites pulsations il y avait intermittence.

Maximum : 140 à 150, produit par pulsations grandes et petites.

Voici, à ce propos, ce qu'on observait : Aussitôt après l'intermittence, l'instrument donnant l'indication la plus basse, 95, il y avait une grande pulsation qui montait de 95 à 130, puis deux ou trois petites pulsations qui se succédaient, ayant, les premières, de 8 à 10, les secondes, 4 à 6 millimètres.

Pendant toute cette observation, l'animal était très calme, et, dans ces conditions, on ne constatait pas de variation du pouls en rapport avec la respiration ; mais l'animal s'étant mis à gémir, la pression constante monta à 130, et elle montait d'autant plus haut que le gémissement (expiration) était plus prolongé. A ce moment, pendant l'expiration, on ne voyait plus les grandes pulsations précédemment notées ; il n'y en avait plus que des petites de 8 millimètres environ.

Alors on comprima l'artère carotide droite et on obtint :

Minimum.	Maximum.
130	150

L'animal faisant des efforts, le maximum monta de 150 à 160 ; et on voyait alors très bien la colonne mercurielle baisser dans l'inspiration tandis qu'elle montait dans l'expiration.

On appliqua le cardiomètre, toujours muni du même

tube, d'environ 1 millimètre de diamètre intérieur, à l'artère crurale gauche, l'artère carotide du même côté ayant été liée. On obtint :

Minimum.	Maximum.
125	136

On comprima la carotide droite et on eut de 140 à 160.

On tira une seringue de sang par la carotide gauche et on eut un abaissement :

Minimum.	Maximum.
105	130

On réintroduisit lentement le sang et la pression remonta à 140 millimètres comme maximum.

L'artère ayant été lâchée, l'animal perdit beaucoup de sang et la pression constante descendit à 30 millimètres, puis remonta peu à peu à 50 et 60, où elle se maintint. Alors les pulsations devinrent plus grandes et elles étaient toutes égales; de 10 millimètres environ.

On appliqua l'instrument à la carotide droite, et la pression se comporta sensiblement de même.

L'animal ne paraissait pas malade vers la fin de l'expérience, quoiqu'on lui eût réinjecté du sang. Cela tiendrait-il à la saignée ?

Nous ajouterons encore ici quelques expériences relatives à l'influence que peut avoir sur les résultats hémométrique le diamètre des tubes employés.

Exp. (13 octobre 1847). — Sur un chien de taille moyenne, à peu près à jeun, on appliqua le cardiomètre au bout central de la carotide et on obtint les résultats suivants :

minimum.
140

Puis, élévation d'un seul coup à 180 millimètres, c'est-à-dire en une seule pulsation : 40 millimètres.

La colonne retombait à 140 et remontait de même à 180. L'animal était calme et avait 28 respirations par minute.

Quelquefois arrivaient de petites pulsations de 10 millimètres, qui venaient se surajouter aux grandes pulsations en produisant l'effet suivant :

On avait d'abord :

1° 140 millimètres. Point de départ.

2° 180 millimètres d'un seul coup, par l'effet d'une pulsation de 40 millimètres.

3° 190 millimètres, c'est-à-dire pulsations de 10 millimètres.

4° 200 millimètres, nouvelle pulsation de 10 millimètres.

Alors la colonne retombait tout d'un coup à 140 millimètres, c'est-à-dire à la pression minimum constante, tandis que les 40 + 10 + 10, qui s'étaient ajoutés successivement à cette pression, étaient dus à l'impulsion cardiaque.

Les résultats précédents furent constatés un grand nombre de fois, l'animal étant calme.

Après cela on appliqua le cardiomètre au bout périphérique de la même artère carotide. On obtint :

1° 110 millimètres.	3° 125 millimètres.
2° 120 —	4° 130 —

Cette succession est ici produite d'abord par une pulsation de 10 millimètres, puis par deux pulsations de 5 millimètres, qui ont fait monter successivement la colonne mercurielle de 110 à 130. Après quoi la co-

lonne mercurielle retombait à 110, qui était son point de départ. Il arrivait quelquefois cependant que la colonne mercurielle ne retombait pas jusqu'à 110, mais seulement à 120 ou 115, d'où elle remontait ensuite par le fait d'une ou deux pulsations qui survenaient à ce moment. Voici d'ailleurs des chiffres observées à ce sujet :

Point de départ.	Pulsations successives.		
110	120	125	130
110	120	125	130
120	130	135	»
115	120	125	130
110	115	120	125
110	115	»	»

Alors on ouvrit le canal vertébral de ce chien, et, comme nous l'avons dit ailleurs, les phénomènes de la pression furent troublés et on n'avait plus que 110 comme pression artérielle dans le bout central. Des pulsations très faibles la faisaient seulement monter à 112, 114.

Exp. (28 septembre 1847). — Un cheval, à l'abstinence d'eau depuis plusieurs jours, ayant bu avant l'expérience 29 kilogrammes d'eau froide, fut pris d'un tremblement général qui tenait sans doute au refroidissement produit par l'eau ingérée.

Ce cheval fut abattu sur la paille et couché sur le côté droit. L'artère carotide gauche fut mise à découvert dans le milieu du cou, et elle possédait dans cette région un assez grand nombre de branches collatérales de la grosseur d'une plume de corbeau.

On fit avec le cardiomètre les observations suivantes :

1° On appliqua le cardiomètre, muni d'un tube ayant

1 millimètre de diamètre intérieur, sur un petit rameau collatéral de la carotide et on obtint :

Minimum.	Maximum.	Différence.
133	170	37
130	170	40

Dans cette observation la carotide n'était pas liée.

2° On appliqua le même tube sur le tronc même de la carotide liée, et on obtint :

Minimum.	Maximum.	Différence.
130	170	40

L'animal étant toujours très calme.

L'animal fit subitement un effort pendant lequel le mercure monta successivement à 140, 150, 160, 200.

3° L'animal s'étant calmé, on appliqua sur la même carotide le cardiomètre, muni cette fois d'un tube de 1 centimètre de diamètre. On eut :

Minimum.	Maximum.
130	180

L'animal fit alors un effort, et le mercure monta subitement à 240.

Alors on appliqua le même tube sur le bout supérieur de l'artère divisée, et on obtint, l'animal étant calme, la série d'observations suivantes :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.
110	135	25
110	140	30
110	150	40
110	140	30
110	140	30
110	150	40

Au point minimum, on remarquait toujours au moment de la chute de la colonne mercurielle, une petite oscillation de 3 à 4 millimètres, due sans doute à la

réaction passive des parois artérielles, perceptible chez le cheval à cause de la lenteur du pouls. Il semblait, en effet, au doigt, y avoir un double choc quand on palpait l'artère carotide.

4° On appliqua au bout inférieur de la même carotide gauche un tube de 6 millimètres de diamètre intérieur, et on obtint :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.
130	180	56
130	190	60
130	180	50
130	190	60
130	160	30
130	180	50

L'animal était calme et donnait 42 pulsations à la minute.

6° Le même tube, de 6 millimètres de diamètre, fut replacé dans le bout inférieur de l'artère carotide. L'animal fit de violents efforts et le mercure monta jusqu'à 230 millimètres puis se maintint :

Mininum.	Maximum.	Pulsations.
160	180	20
160	180	20
160	170	10

Ce qui prouverait qu'après un violent effort, la pression constante se trouverait plus élevée sans que toutefois le maximum fût porté plus haut, d'où résulte nécessairement une diminution de la pulsation. On pourrait conclure de là que les efforts augmentent la pression constante et diminuent la pulsation. A ce moment un violent effort survint de nouveau ; le mercure monta à 210 ; puis aussitôt après l'effort, il descendit à 160.

7° Le même tube, toujours de 6 millimètres, fut placé sur le bout périphérique de la veine jugulaire gauche. On arriva à une pression fixe de 40 millimètres, l'animal étant calme. L'animal faisant un effort, la colonne monta à 90.

(Chez le cheval, on avait la sensation au doigt d'une double pulsation.)

Exp. (26 janvier 1854). — Sur un chien affaibli par diverses expériences, on découvrit l'artère carotide gauche et on y appliqua deux manomètres unis par une embouchure commune en communication avec l'artère. L'un des tubes manométriques avait 3 millimètres, l'autre 17 millimètres de diamètre intérieur. Tous deux renfermaient du mercure, s'élevant, dans les deux, à la même hauteur. Les deux tubes manomètriques étant soudés l'un à l'autre, on pouvait facilement observer comparativement l'élévation et l'abaissement des colonnes mercurielles.

Il fut facile d'observer que la hauteur était de 130 millimètres, et exactement la même dans les deux branches d'inégal diamètre. Les pulsations mêmes, qui n'étaient que de 3 à 4 millimètres, se manifestaient dans les deux tubes.

Ensuite on enleva cet instrument double et on appliqua sur la même artère le cardiomètre d'un diamètre intérieur, de 1 millimètre, qui donna une pression différente, égale à 175 millimètres. L'animal avait cependant perdu du sang par suite du changement d'instruments employés. Les petites pulsations étaient de 3 à 4 millimètres. Le chien était calme.

On enleva alors le cardiomètre et on appliqua l'hémodynamomètre différentiel comparativement sur les deux bouts de l'artère carotide coupée. L'instrument avait un diamètre intérieur de 3 millimètres. Alors on vit, en laissant agir le sang, que la colonne mercurielle s'abaissait du côté du bout central et s'élevait du côté du bout périphérique. L'excès de pression du bout central était représenté par une colonne de mercure de 3 millimètres, c'est-à-dire celle de la pulsation qui était faible chez cet animal. On a ensuite bouché le nez à l'animal pour lui faire faire des efforts, et la différence de pression est devenue de 90 millimètres.

Puis, après cette observation, on a détaché l'instrument du bout central, de telle façon qu'il devenait un manomètre simple appliqué au bout périphérique, et dénotait alors la pression qui revenait des anastomoses par le bout périphérique. La pression fut trouvée de 120 à 125 millimètres.

Enfin je rappellerai un avantage du cardiomètre, c'est qu'il est assez délicat pour pouvoir devenir un instrument propre à mesurer la sensibilité animale lorsqu'elle ne peut être constatée par les moyens ordinaires. Nous avons déjà cité bien des exemples à l'appui de cette proposition. L'expérience suivante en fournit une preuve de plus :

Exp. (10 mars 1848). — Sur un chien de taille moyenne, ayant eu le pneumogastrique gauche coupé depuis quelques jours, on disséqua la branche externe du spinal droit jusqu'au niveau de son croisement avec la branche auriculaire du plexus cervical.

On pinça la branche externe du spinal; l'animal ne manifesta pas évidemment de la douleur. (Cet animal, qui resta très calme, avait été un peu affaibli par son séjour prolongé dans les caves.)

Après avoir constaté cette insensibilité apparente du nerf spinal, on appliqua le cardiomètre sur la carotide du côté droit. L'instrument donna d'abord 120 à 130 millimètres, puis 110, 120, 125, etc., l'animal étant très calme.

Alors, l'instrument étant appliqué sur l'artère, on pinça la branche du spinal; l'animal ne parut aucunement s'en apercevoir; mais cependant le cardiomètre monta très sensiblement toutes les fois qu'on pinçait le nerf. On constata à plusieurs reprises ce résultat, c'est-à-dire que le nerf, insensible au point de vue des manifestations douloureuses de l'animal, était sensible au cardiomètre.

Exp. (15 mars 1848). — Sur un chien bien nourri et vigoureux, à jeun depuis la veille, on découvrit à gauche la branche externe du nerf spinal dans l'espace intermusculaire du sterno-mastoïdien et du trapèze.

On pinça le nerf au moment même où on venait de le découvrir; il était très peu sensible.

On découvrit ensuite le nerf vague et la carotide du même côté gauche. Au moment où le vague venait d'être découvert il était très peu sensible.

Vingt ou vingt-cinq minutes après on examina de nouveau les nerfs. Le spinal, toujours peu sensible, l'était cependant d'une manière évidente.

On appliqua alors le cardiomètre à la carotide gauche

et on constata que le pincement du nerf spinal amenait des modifications dans la colonne mercurielle. Ces modïfications parurent différentes, suivant que l'on pinçait le nerf au-dessous du point primitivement contus, c'est-à-dire dans son bout périphérique ou au-dessus, c'est-à-dire dans son bout central. Le pincement périphérique donnait un abaissement dans la colonne mercurielle, abaissement qui serait le résultat de la sensibilité récurrente, tandis que le pincement central donnait une ascension dans la colonne mercurielle qui tenait à la sensibilité directe. Ce résultat répond à ce que nous avons dit ailleurs de l'influence différente qu'exerce sur le cardiomètre la sensibilité des racines antérieures et postérieures.

Après ces premières expériences, on fit la ligature du nerf spinal et du nerf vague gauche; la plaie fut recousue et l'animal laissé en repos pendant deux heures et demie.

Alors la plaie fut rouverte; elle était fumante et chaude; le nerf spinal était devenu turgescent et rouge. Quant on pinçait ce nerf au-dessous de la ligature, c'est-à-dire dans le bout périphérique, il était très sensible, et en même temps il se développait des mouvements musculaires dans le trapèze où se distribue le nerf. La sensibilité de ce bout périphérique se transmettait comme nous savons par des fibres en retour anastomotiques avec les paires cervicales ; il resterait à savoir si cette sensibilité récurrente du bout périphérique persisterait après qu'on aurait coupé, à leur entrée dans le trapèze, les filets qui s'y distribuent, en

ménageant toutefois les arcs anastomotiques du nerf.

Si la sensibilité persistait, on aurait la démonstration que ce n'est pas la contraction musculaire qui lui donne naissance, ainsi que cela a été soutenu.

On pinça ensuite le nerf spinal au-dessus de la ligature; on le trouva également sensible; mais, chose singulière, on développa au moment où on le pinçait des frémissements musculaires très évidents dans les muscles placés au-dessus du point irrité, c'est-à-dire dans le muscle sterno-mastoïdien.

Alors on coupa le nerf au niveau du point où il était lié; on isola avec beaucoup de soin les deux bouts et on constata sur eux séparément les deux espèces de contractions musculaires ci-dessus indiquées. (Il faudra voir dans d'autres expériences si la ligature du pneumo-gastrique n'est pas pour quelque chose dans les contractions qui se manifestent par le pincement du bout supérieur). Alors on examina le nerf vague qui avait été préalablement lié; on pinça le nerf au-dessous de la ligature; il n'y avait pas la moindre trace de douleur, tandis que le nerf pincé au-dessus était très nettement sensible. La ligature du vague avait d'ailleurs produit la raucité de la voix et le rétrécissement de la pupille qui s'observent après sa section.

Ces expériences prouvent que la pression exercée par le cœur peut servir de caractère pour déterminer la sensibilité récurrente dans des nerfs où l'on ne pourrait pas la déterminer autrement.

Nous avons vu, en outre, que la sensibilité recurrente augmente par l'exposition du nerf à l'air, c'est-à-

dire par une sorte de réaction survenue dans la plaie, ce qui n'empêche pas qu'elle soit sensible au cardiomètre avant cette sorte d'exaltation.

Pour aujourd'hui nous nous sommes bornés à étudier d'une manière plus spéciale la partie instrumentale de la question qui nous occupe, et à donner des exemples variés de l'application des instruments. Dans la prochaine séance nous poursuivrons cette étude en nous arrêtant à quelques-unes des conditions qui se rattachent à la circulation du sang dans le cœur et les divers vaisseaux.

HUITIÈME LEÇON

15 JANVIER 1858.

SOMMAIRE : Du rôle des valvules qui bouchent les orifices artériels du cœur. — De la pression dans le système artériel. — Des rapports qui existent entre la pression constante et la pression intermittente. — Expériences. — De la pression dans le système veineux.

MESSIEURS,

La barrière qui sépare la pression constante du sang de la pression mobile est constituée par les valvules artérielles du cœur. Je dois vous indiquer en passant quelques considérations relatives au mécanisme de leur occlusion.

Dans les traités d'anatomie on décrit sur le bord libre des valvules sigmoïdes, un petit tubercule, le *tubercule d'Arantius*. La présence de ce tubercule une fois constatée, on s'est préoccupé de ses usages et on a cru pouvoir les déduire de sa forme et de sa situation : on a dit que lorsqu'il était chassé du ventricule, le sang appliquait les valvules contre les parois de l'aorte ; que si le bord libre des valvules était mince et uni et leur application exacte, elles pourraient rester collées contre le tube artériel et, ne retombant pas, permettre le reflux du sang.

Dans cette vue, on pensait que les tubercules d'Arantius étaient destinés à empêcher ce contact et à maintenir entre les parois de l'artère et les valvules un écartement tel que le sang en retombant eût prise sur elles et pût les fermer. C'est, vous le voyez, un rôle tout méca-

nique qu'on avait déduit de l'examen du cœur pris à la main et préparé en dehors de l'animal vivant. Or, Messieurs, en voyant le cœur fonctionner, on peut se convaincre que cette explication est toute gratuite et que les choses sont loin de se passer ainsi qu'on le suppose. Pendant la contraction du ventricule, non-seulement les valvules ne s'ouvrent pas largement, mais encore la paroi de l'artère, plus mince au niveau des valvules, se laisse dilater et forme trois renflements qui s'éloignent des valvules. Dans ces conditions le sang s'échappe avec peine, entre les valvules entr'ouvertes, par un orifice étroit.

Je crois que ces tubercules ont un rôle à remplir pour fermer l'orifice ventriculo-aortique, mais je nie qu'ils servent à empêcher l'accolement des valvules contre les parois de l'artère.

S'il en était ainsi, les orifices des artères coronaires seraient bouchés et le sang ne saurait y pénétrer qu'après la contraction du cœur. Par le mécanisme que je viens d'indiquer, les orifices de ces artères restent toujours libres.

Ces phénomènes peuvent très bien s'observer chez le lapin lorsqu'on pratique une fenêtre dans les muscles intercostaux, laissant intacte la plèvre à travers laquelle on peut examiner les contractions du cœur.

Mais revenons à notre sujet. Dans le cœur, la pression est nulle au moment de la diastole et une propulsion énergique a lieu au moment de la systole.

Dans les artères, une pression constante, continue, agit seule au moment de la diastole; une impulsion brusque s'y ajoute au moment de la systole.

Examinons maintenant quels peuvent être, dans les différentes conditions physiologiques, les rapports qu'affectent entre eux ces deux genres de pression.

Dans les expériences qu'on tente sur les animaux, on peut agir séparément sur l'une ou l'autre de ces forces; tantôt les modifications qu'on provoque portent sur la pression constante, tantôt elles portent sur la pression intermittente, sur la pulsation cardiaque.

En général, lorsqu'on saigne un animal, la pression constante diminue; mais si l'on arrête l'hémorrhagie et qu'on laisse l'animal revenir à lui, on voit se maintenir l'abaissement de la pression artérielle, tandis que la pulsation est relativement et même absolument plus grande. Dans la saignée, la pression constante diminue et la pulsation suit cette diminution. Voici des expériences qui montrent clairement ce fait :

12 octobre 1847. — Chien de taille moyenne, jeune, vigoureux.

On appliqua le cardiomètre à l'artère carotide gauche. La pression était :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.
100	160	60
110	170	60
100	160	60

On remarqua encore chez cet animal que la différence entre le minimum et le maximum représentait une somme de pulsations successives dont un certain nombre étaient petites, de 5 à 10 millimètres.

On mit alors l'animal dans différentes positions : sur le dos, couché sur le côté, la tête en bas ou en haut. Toutes ces positions restèrent sans influence sur la pres-

sion qui oscillait toujours entre 100 et 160 millimètres.

L'animal ayant fait subitement un effort violent, la colonne mercurielle monta à 190, et pendant cette élévation, les pulsations n'étaient plus perceptibles.

Alors on fit à la veine jugulaire une saignée de 100 grammes environ. Pendant cette opération l'animal s'agita beaucoup; les respirations étaient devenues très accélérées. Sous l'influence de cette saignée, le cardiomètre baissa successivement jusqu'à 80 et 70 millimètres, et alors les pulsations étaient très faibles. Peu à peu l'animal se remit de la saignée et les pulsations reparurent plus marquées. Alors on avait :

Minimum.	Maximum.
100	105 à 110

On voyait que les oscillations ne montaient plus qu'à 10 millimètres, au lieu de 60, qu'on avait observées au commencement. Il semblait que les petites pulsations avaient seules persisté; les grandes ayant disparu.

Cette expérience montre que la saignée veineuse a eu une influence secondaire qui a porté surtout sur la pression variable en laissant la pression constante la même.

15 octobre 1847. — Sur une chienne remise d'une opération antérieure (application du cardiomètre à la carotide gauche et saignée), on appliqua d'abord l'hémodynamomètre sur le bout central de l'artère carotide droite. On trouva ainsi des oscillations variant entre 70 et 75 millimètres, l'animal restant calme, oscillations qui accusaient une pression minimum artérielle variant de 140 à 150 millimètres. Quant aux pulsations, elles n'étaient que de 2 à 3 milli-

mètres dans chaque branche du tube. Ce qui représentait une impulsion totale de 4 à 5 millimètres.

Sur le même bout central de la même artère carotide on appliqua alors le cardiomètre. On trouva les résultats suivants :

Observ.	Minimum.	Maximum.	Impuls. card.	
1	90	140	50	Animal calme; 20 respirations par minutes; 108 pulsations par minute (petites et grandes).
2	100	150 (160, 170)	50	
3	95	160	65	
4	90	100	10	
5	95	140	45	
6	90	150	60	
7	120	150	30	Gémissements et tremblement.
8	110	140	30	
9	120	150	30	
10	115	145	30	
11	110	145	35	
12	120	150	30	
13	105	140	35	

Ces résultats obtenus avec le cardiomètre sont différents de ceux obtenus avec l'hémodynamomètre. Le cardiomètre a donné, l'animal étant calme, de 90 à 100 millimètres pour la pression artérielle et des oscillations variant de 10 à 65 millimètres pour les impulsions cardiaques. (L'hémodynamomètre ne permettait donc pas de distinguer les pulsations cardiaques de la pression constante ou pression artérielle).

Observ.	Minimum.	Maximum.	Impuls. card.	
14	105	150	45	Animal un peu plus calme.
15	105	140	35	
16	110	150	40	
17	100	145	45	

Alors, laissant le cardiomètre appliqué à l'artère, on fit à l'animal une saignée de 100 grammes environ à la

veine jugulaire droite. Pendant cette saignée, qui dura à peu près quinze minutes, on fit les observations suivantes :

Observ.	Minimum.	Maximum.	Pulsations.	
1	110	140	30	L'animal est calme ; la respiration s'accélère, et l'on compte 66 respirations par minute pendant la saignée.
2	105	145	40	
3	110	140	30	
4	110	140	30	
5	110	135	25	
6	110	130	20	
7	110	125	15	
8	105	115	10	
9	110	115	5	
10	95	100	5	
11	90	100	10	
12	80	90	10	
13	80	90	10	
14	85	90	5	

On arrêta la saignée, qui avait donné 100 grammes de sang. L'animal était affaibli. Le cardiomètre étant toujours en place, et on obtint après cette saignée :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.	
100	110	10	Aussitôt après la saignée, il y a 24 respirations par minute, et 140 pulsations dans le même temps.
110	115	5	
105	115	10	
110	120	10	
110	125	15	

En revenant un peu de son affaiblissement dû à la saignée, l'animal reprit donc des forces, se réveilla, et son cœur battit avec son énergie habituelle ; mais si la pression artérielle était revenue à 110, la pression cardiaque avait diminué, et les oscillations qui correspondent aux pulsations étaient encore plus petites qu'avant.

Exp. (27 octobre 1847). — Sur un chien adulte, de taille moyenne, vigoureux, en digestion, on appliqua le cardiomètre sur le bout central de la carotide gauche

(dans l'opération le vague droit avait été pincé) ; on obtint :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.
140	155	15
140	150	10
150	165	15
150	150	10
140	155	15
165	170	5

Pendant tout ce temps l'animal poussait des gémissements.

On lia la carotide du côté opposé et l'on obtint :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.
190	200	10
180	190	10
190	200	10
180	190	10

Alors, l'instrument étant toujours en place, on fit par la carotide droite une aspiration de sang artériel à l'aide d'une seringue.

On vit, pendant cette soustraction, la colonne mercurielle baisser :

140, 135, 130, 125.

et les pulsations devinrent à peine appréciables.

Puis on réinjecta le sang soustrait par la seringue; pendant l'injection, la pression resta fixe à 150, sans aucune apparence de pulsation. Puis, aussitôt après que l'injection eut été faite, les pulsations commencèrent à se manifester, et la colonne oscilla alors entre 160 et 180 millimètres. Toutefois, cette oscillation était produite par une série de petites pulsations qui n'avaient pas plus de 4 à 5 millimètres chacune.

Au moment de la réintroduction du sang, l'animal manifesta une grande agitation. Alors on aspira de

nouveau deux pleines seringues de sang artériel, que l'on enleva à l'animal ; pendant la soustraction de la deuxième seringue, la pression baissa successivement :

160, 150, 145, 140, 130, 185, 100, 95, 90, 80, 60, 55, 45.

Les pulsations étaient devenues à peine appréciables.

Quelques instants après cette soustraction de sang, l'animal était toujours très affaibli ; mais la colonne mercurielle oscillait entre 80 et 100, par une série de petites pulsations qui n'avaient pas plus de 2 à 3 millimètres chacune.

Maintenant, Messieurs, nous avons à vous signaler encore quelques expériences relatives à des modifications de circulation qui peuvent survenir dans le cœur sous diverses influences.

Lorsque sur un chien on vient, avec une sonde introduite jusque dans le ventricule droit, à aspirer le sang de ce ventricule, on peut amener la syncope et même la mort peut être produite ainsi très facilement chez les lapins. Il suffit pour cela d'aspirer à un lapin de taille moyenne (1 kilogr), 60 grammes de sang pour amener la mort. La respiration s'accélère quand la soustraction du sang commence à être notable, et il est probable alors que si un instrument hémométrique était appliqué sur une artère on verrait la pression baisser considérablement à ce moment. Quand on fait mourir ainsi les animaux par hémorrhagie, il survient des convulsions dans les membres paralysés. C'est un fait que j'ai observé depuis bien longtemps, et que j'ai constamment retrouvé. Le fait a lieu non-seulement quand on

aspire le sang avec une seringue, et quand on en a aspiré une quantité qui doit être dans un rapport constant avec la quantité totale du sang de l'animal; mais le même phénomène s'observe aussi quand on fait périr l'animal par hémorrhagie en ouvrant les vaisseaux, comme le montre l'expérience suivante :

Exp. (25 décembre 1844). — Sur un chien j'ai coupé la moelle épinière dans la région dorsale, ce qui détermina la paralysie du train postérieur.

Le lendemain, l'animal fut tué par hémorrhagie. Au moment de la mort, il y eut émission abondante d'urine et mouvements très forts dans le train postérieur, au-dessous de la section de la moelle.

Lorsqu'on applique, chez l'animal récemment mort, une seringue sur l'artère pulmonaire, de manière à aspirer le sang du ventricule droit, on voit que l'aspiration se prolonge au loin dans les veines. Il en est de même lorsque le poumon se dilate dans l'inspiration; il y a aspiration dans le cœur droit et dans les sinus veineux. Il doit y avoir également aspiration de sang de l'oreillette gauche, ce qui probablement est la raison qui fait diminuer la pression artérielle pendant l'inspiration.

Exp. (19 novembre 1847). — Sur un chien ayant un tic général, et ayant eu le canal vertébral ouvert, on appliqua le cardiomètre sur la carotide, et on observa le fait singulier que le mercure montait sans aucune pulsation, de 135 à 150, après quoi il descendait, remontait, etc., sans présenter de pulsations.

Alors on coupa la moelle épinière à l'animal dans la région moyenne du cou. Après la section de la moelle,

le tic disparut, mais non subitement; il persista encore pendant un certain temps, surtout dans les muscles abdominaux.

On nota ce fait singulier que les pulsations du cœur, qui n'etaient pas sensibles au cardiomètre, le devinrent après la section de la moelle et se montrèrent d'abord très fortes. Bientôt elles devinrent plus faibles et la pression diminua considérablement.

Alors on excita les racines lombaires postérieures, ce qui détermina des mouvements réflexes violents dans le tronc et dans la patte du côté correspondant; mais aucune action sur le cœur ne fut manifestée par l'instrument. Tandis que si on irritait la moelle elle-même dans la région lombaire, les mouvements du cœur étaient excités. Il en était de même quand on irritait le bout inférieur de la section de la moelle au cou; mais si on irritait au contraire le bout supérieur, il ne se manifestait aucune action sur le cœur. Toutefois, il faut noter que lorsqu'on fit ces dernières observations l'animal était déjà très affaibli.

Si le résultat signalé de l'absence d'influence de l'excitation des racines sur le cœur, tandis que l'excitation de la moelle serait efficace, se reproduisait, il faudrait admettre que peut-être l'excitation des racines se transmet au cœur par le pneumogastrique, tandis que l'excitation de la moelle se transmettrait par le grand sympathique.

Exp. — Sur un chien encore jeune, probablement à la fin de la digestion, on fit la section des deux pneumogastriques dans la région moyenne du cou. Le

cardiomètre avait été placé sur le bout central de l'artère carotide droite, et les deux nerfs vagues avaient été préalablement mis à nu afin d'en opérer la resection; avant la section des vagues, le nombre des respirations était de 25 à 27, les pulsations de 100 à 110. Le cardiomètre donnait 115, comme pression constante, puis montait jusqu'à 135 par des pulsations successives et inégales. Aussitôt après la section du nerf vague droit il y eut une augmentation de la pression et de grandes oscillations dans la colonne cardiométrique.

Le nerf vague gauche fut alors coupé.

Après la section des deux vagues, le nombre des respirations diminua et celui des pulsations augmenta; l'animal resta calme; les indications cardiométriques alors changèrent complétement; la pression constante augmenta, et atteignit 145 millim. et plus, tandis que les pulsations n'étaient plus que de 3 à 5 millimètres.

La pression des organes thoraciques est-elle pour quelque chose dans cette augmentation de la pression constante?

Toutes les circonstances qui peuvent modifier la circulation artérielle agissent sur la pulsation cardiaque. J'ai, l'année dernière, insisté déjà sur les modifications qu'amènent dans les mouvements du cœur certaines influences nerveuses. Vous avez vu que toute excitation normale périphérique a un retentissement sur le cœur. Le canal vertébral étant ouvert et le cardiomètre étant appliqué sur l'artère carotide, il nous a suffi de pincer une racine postérieure, assez légèrement pour ne terminer ni mouvements ni cris, pour voir cependant de

suite les pulsations augmenter de nombre et d'intensité.

Il y a des cas aussi où la pression constante seule est augmentée.

Dans l'opération de la transfusion, par exemple, dans la pléthore, dans les efforts, on observe que la pression constante augmente, tandis que la pulsation cardiaque diminue. Nous avons observé qu'il n'en est pas de même dans la saignée, car dans celle-ci la pression variable diminue, mais la pression constante n'augmente pas absolument. Il peut arriver encore que, sous l'influence de modifications, la pression constante et la pression intermittente varient en sens contraire chez les animaux à jeun et en digestion; toutefois on ne peut pas toujours déterminer la relation nécessaire entre toutes ces variations.

Dans le système veineux, il faut considérer autrement les conditions de la pression à laquelle est soumis le liquide sanguin; elle y est produite et modifiée par de tout autres causes. La pression dans le système veineux est liée à la dilatabilité des parois des veines et surtout aux mouvements musculaires; on le voit très bien lorsque chez un même animal on observe comparativement une même veine lorsque le système musculaire est en repos et lorsqu'il est en mouvement.

Appliquant le cardiomètre sur la veine jugulaire d'un cheval, nous avons obtenu, l'animal étant calme, les pressions :

105, 100, 95, 90

Alors on donna à manger à l'animal; des mouvements de la mâchoire furent exécutés, et la pression monta de

90 à 130. Ici l'élévation de la pression a été déterminée simplement par les mouvements des parties d'où viennent les veines.

Sur un autre cheval, la pression étant descendue à 35 millimètres dans la veine jugulaire, elle remonta à 130 millimètres, parce qu'on fit relever la tête de l'animal.

L'expérience suivante semblerait indiquer qu'il n'en est pas de même chez les oiseaux.

Exp. (22 octobre 1847). — On appliqua le cardiomètre sur le bout périphérique de la veine jugulaire d'un dindon; on avait 17 à 18 millimètres, sans aucune oscillation. Quand on élevait la tête de l'animal et qu'il exécutait des mouvements de déglutition ou autres, on n'obtenait pas de changement dans la pression.

Alors on appliqua l'instrument sur le bout central de la carotide dans le cou et on obtint les indications suivantes :

140, 137, 135, 140, 145, 150, 158

On observa que dans l'inspiration le mercure baissait, puis qu'il montait dans l'expiration ; c'est ce qui a déterminé les variations notées plus haut. Les pulsations n'étaient que de 1 à 2 millimètres.

Un point intéressant à examiner est la question des rapports qui unissent la pression veineuse à la pression artérielle et de l'influence que ces deux circulations peuvent avoir l'une sur l'autre. Lorsqu'on considère le sang dans le système artériel, on le voit renfermé dans ses canaux, pressé, ne pouvant reculer, et n'ayant

pour s'échapper qu'une voie ouverte, voie étroite!: son abouchement avec le système veineux. La difficulté que le sang artériel éprouve de ce côté à traverser le système capiliaire est la cause de la tension du système artériel. Que cet obstacle vienne à diminuer ou à augmenter, la pression diminuera ou augmentera dans le système artériel. Lorsque, pressant une veine on y gêne l'écoulement du sang, on augmente la difficulté que le système artériel éprouve à se désemplir et on y augmente la pression. C'est ce que nous avons constaté sur un cheval. Chez l'animal, un cardiomètre appliqué à l'artère carotide accusait les pressions :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.
110	195	85

On a alors comprimé la veine jugulaire de manière à l'empêcher de se vider facilement. A l'instant même la pression a changé dans l'artère et on a trouvé :

Minimum.	Maximum.	Pulsations.
120	190	70

La pression constante offrait une légère élévation; la pression maximum, au contraire, était moindre; l'intensité de la pulsation avait diminué. Ce résultat a été produit souvent dans nos expériences. Il montre très nettement que, loin de varier dans le même sens, la pression constante et la pression cardiaque varieraient plutôt en sens inverse. En général, on peut dire que, toutes choses égales d'ailleurs, lorsque la pression constante augmente, la pulsation cardiaque diminue et réciproquement. On le voit encore parfaitement chez les animaux qui meurent d'hémorrhagie.

D'abord le jet n'est pas saccadé parce que la pression constante est relativement plus forte que la pulsation; le jet ne devient ensuite saccadé que par la prédominance que tend à prendre l'action de la pulsation.

Le système capillaire ne permet pas au sang de rétrograder.

En résumé, il y a donc lieu de distinguer dans la pression à laquelle le sang est soumis deux éléments qui varient par des influences qui ne sont pas les mêmes.

Cette question se représentera dans le programme de nos études de cette année. Nous aurous à voir quelle influence ont ces pressions sur la formation des liquides organiques ?

Cette influence varie pour les différents liquides; nous l'examinerons à propos de chacun d'eux.

NEUVIÈME LEÇON.

20 JANVIER 1858.

SOMMAIRE : De la pression du sang dans les différentes parties du système artériel. — Résultats différents en opérant avec divers instruments. — La pression artérielle est constante; l'impulsion cardiaque varie d'intensité. — Observation comparée de la pression dans les deux bouts d'une même artère coupée. — De la pression artérielle chez des animaux de taille différente. — Du pouls, sa fréquence, ses variations physiologiques en rapport avec l'état des fonctions digestives. — Rapports de la fréquence du pouls avec la production de chaleur, avec les mouvements, avec l'activité de la respiration. — Effets de la section des pneumogastriques sur la pression artérielle, et l'impulsion cardiaque.

MESSIEURS,

Que conclure des indications obtenues par les différents procédés de mesure de la pression que je viens de vous exposer dans les dernières leçons? Que peut-on opposer aux résultats que nous avons obtenus avec les instruments dont je vous ai parlé? On pourrait d'abord objecter que cette pression a été observée dans des conditions qui diffèrent des conditions normales. Ici, en effet, on agit sur une artère coupée, et, tandis que le bout central est fixé au manomètre, le bout périphérique est lié. Acceptons donc pour ce qu'ils sont les résultats qui précèdent: mais gardons-nous de dépasser les faits dans nos conclusions; car nous verrons bientôt que le procédé expérimental peut apporter dans les résultats obtenus des différences notables.

Une autre question se présente ici, question qui a été

déjà posée et étudiée par les expérimentateurs. La pression est-elle identique dans tout le système artériel ? — M. Poiseuille l'admettait et pensait qu'elle ne variait pas suivant les régions ; l'observation faite sur les moyennes l'avait conduit à cette conclusion. Avec d'autres instruments et en considérant les faits d'une manière absolue et dans des conditions déterminées, serait-on conduit à une conclusion différente? — C'était au moins une chose à voir. Il paraissait, en effet, difficile d'admettre que l'impulsion centrale au moins ne variât pas.

D'autre part, l'expérimentation présentait une difficulté très sérieuse. Comme il est très difficile d'appliquer simultanément sur l'artère carotide et sur l'artère crurale deux manomètres comparables, on agissait ordinairement sur les deux artères l'une après l'autre. Les faits obtenus ainsi avaient l'inconvénient de n'être nullement comparables entre eux, d'abord parce que l'animal pouvait faire des efforts et se trouver dans des conditions de pression différentes dans les deux expériences, et ensuite parce qu'il y avait rétrécissement du cercle circulaire et augmentation de la pression, dans la seconde épreuve, par suite de la ligature de l'artère pratiquée pour la première observation. L'observation de l'artère crurale, par exemple, donnera, lorsqu'on l'examinera la première, des chiffres différents de ceux qu'on obtiendra lorsqu'on l'examinera ou simultanément avec l'artère carotide, ou simplement après elle.

Dans le but de faire disparaître ce genre de causes d'erreurs, qui rendent impossible les expériences compa-

ratives faites avec les instruments usuels, j'ai imaginé un autre instrument, manomètre différentiel (fig. 6) qui, en communication par cha-

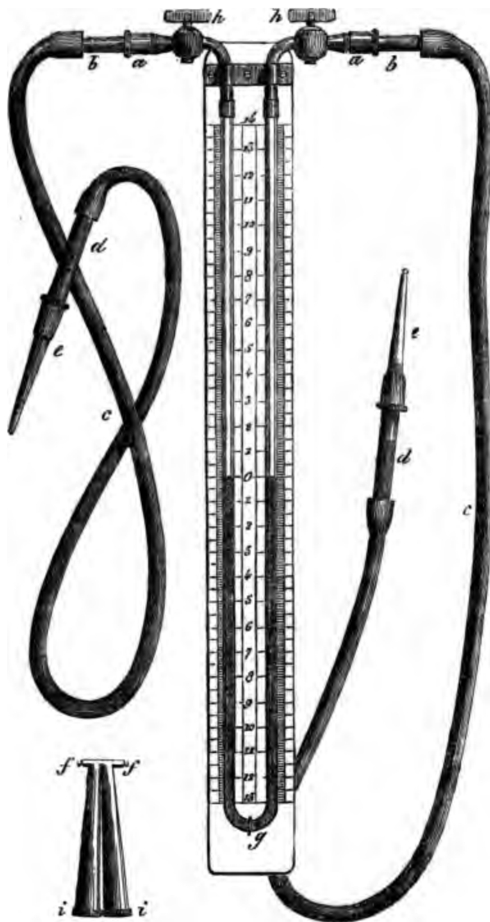


Fig. 6 (1).

(1) Cet instrument se compose d'un tube recourbé à branches parallèles. Entre les deux branches parallèles se trouve une échelle graduée : 0,1, 2, 3, etc. Chaque tube porte à son extrémité libre un robinet *h*, *h* ; une pièce *a*, *a* permet de fixer sur ce robinet, à l'aide de quelques tours de vis, l'ajutage *b*, *b*, portant un tube de gutta-percha *c*, *c*, terminé lui-même par une pièce de cuivre *d*, *d*, sur laquelle peut se placer une canule *e*, *e* destinée à être introduite dans deux artères, après qu'on a rempli d'une solution de carbonate de soude la partie de l'appareil ne renfermant pas de mercure. Voyez *ff*, *ii*, pièce formée de deux canules soudées, qui peut être reçue en *i*, *i* par les deux pièces *d*, *d*. Elle est destinée, par les deux tubes adossés (*ff*), à être mise en rapport avec les deux extrémités d'une artère coupée, afin de connaître la pression du sang dans ces deux bouts.

cune de ses branches avec un vaisseau différent, rend sensible, par le déplacement du mercure, l'excès de la pression de l'un des vaisseaux sur l'autre.

Nous avons appliqué cet instrument sur différentes artères, et voici ce que nous avons observé :

Lorsque les deux branches sont en communication avec deux artères également distantes du cœur, il y a égalité de pression, et le mercure reste immobile en équilibre dans l'appareil. C'est ce qu'on voit en opérant sur les deux artères carotides ou sur les deux artères crurales.

Lorsqu'au contraire on expérimente sur des artères inégalement éloignées du cœur, sur l'artère carotide et l'artère crurale, par exemple, on trouve une différence de pression à l'avantage de l'artère la plus rapprochée du cœur, c'est-à-dire que le mercure baisse dans la branche qui communique avec elle.

Mais en examinant ce qui a lieu dans ce cas, on voit encore que cette différence de pression est en rapport avec la pulsation du cœur. Ce n'est pas la pression constante qui est moindre dans l'artère plus éloignée, mais seulement la pulsation ; la pression constante restant la même.

Vous voyez, messieurs, ce qu'on peut demander à chacun des moyens d'exploration qui ont été successivement essayés. Passer en revue les divers instruments, c'est faire l'histoire des phases qu'a parcourues la question de la pression du sang. D'abord elle a été prise en masse ; ensuite nous y distinguons deux éléments, l'un continu, pression élastique, l'autre intermittent, constitué par les pulsations ; ces deux éléments sont indépendants l'un de l'autre. Passant de cette observation isolée, prise sur un seul vaisseau, à des épreuves comparatives, nous

avons vu que la pression constante reste sensiblement la même quand on compare un animal à un autre, et que chez un même animal elle ne varie pas suivant les régions. Il n'en est pas de même de la poussée intermittente qui traduit la pulsation du cœur ; on la voit en effet varier suivant la taille des sujets, et, chez un même animal, suivant la distance du cœur à laquelle on l'examine.

Nous ne pouvons d'ailleurs mieux faire que de vous exposer les expériences qui ont été faites avec notre instrument que nous avons appelé hémomètre différentiel (fig. 6) ; les résultats que nous venons de vous indiquer ressortiront de cette revue des faits.

Exp. — Sur un chien vigoureux et très gras, à jeun, on fit les expériences suivantes :

1° On appliqua les deux branches de l'instrument différentiel, l'une sur le bout central de l'artère carotide gauche, et l'autre sur le bout central de l'artère crurale gauche, en ayant soin, autant que possible, de ne pas tirailler les vaisseaux. On obtint une différence de :

Minimum.	Maximum.
20	30

au profit de l'artère carotide.

2° On appliqua ensuite les deux bouts de l'instrument sur les deux bouts périphériques des mêmes artères crurale et carotide, et l'on obtint une différence de :

Minimum.	Maximum.
20	30

toujours au profit de la carotide ; seulement les variations se faisaient dans ce dernier cas par oscillations

de 2 à 3 millimètres, tandis que pour les bouts centraux c'était par des oscillations de 8 à 10 millimètres.

3° On appliqua ensuite l'instrument par une seule branche (comme un hémomètre simple) sur le bout périphérique de l'artère crurale gauche, et l'on obtint :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
110	140	30

4° On appliqua l'instrument sur le bout central de la même artère (crurale gauche), et l'on eut une pression qui monta jusqu'à 200, avec des excursions de 70 à 85 millimètres.

Cette pression paraît exceptionnelle ; on ne sait à quoi l'attribuer.

5° On appliqua par comparaison le cardiomètre sur le bout central de l'artère crurale gauche, et l'on obtint des pulsations plus fortes.

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
110	190	80

Exp. — Sur un autre chien de même taille et en digestion comme le précédent, mais en apparence plus vigoureux, on découvrit l'artère carotide droite ; on la divisa, et l'on plaça sur ses deux bouts le manomètre différentiel. On observa un excès de pression de 88 à 96 millimètres en faveur du bout central. L'animal était calme. On détacha alors un bout artériel de manière à avoir un manomètre simple appliqué sur le bout périphérique, et l'on obtint 120 millimètres de pression.

On appliqua ensuite l'instrument simple sur le bout central, et l'on eut de 148 à 152. Les pulsations étaient de 4 à 5 millimètres, l'animal étant toujours calme.

On appliqua alors sur le bout central un double ma-

nomètre à diamètres différents, et l'on observa, comme pression constante égale dans les deux tubes, 160 à 170 millimètres. Toutefois, les pulsations donnaient dans le petit tube une excursion de 4 millimètres, et, dans le grand, une oscillation de 2 millimètres seulement.

On appliqua ensuite le cardiomètre sur le bout central, et l'on eut une pression de 130 à 140 millimètres, avec des oscillations de 20 à 25 millimètres.

Dans toutes ces opérations, l'animal avait perdu une certaine quantité de sang.

Maintenant peut-on juger de la pression qui pousse le sang dans les vaisseaux par celle qu'accuse le manomètre?

Dans une artère, la pression qui vient du centre trouve un obstacle dans la pression qui vient de la périphérie : si ces deux pressions étaient égales, le sang ne circulerait pas; mais il n'en est pas ainsi. La pression centrale est la plus forte et pousse le sang; la pression périphérique n'est qu'un retour de la pression centrale, que de larges anastomoses viennent en quelque sorte mettre en opposition avec elle-même.

Voici d'ailleurs ce que l'expérience nous a appris à cet égard.

Exp.— Sur un chien vigoureux on introduisit dans le bout central de l'artère carotide un manomètre simple dont le tube avait $1^{mm},5$ de diamètre intérieur. On obtint :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
134	146	12

On appliqua ensuite le cardiomètre de 1 millimètre de diamètre intérieur sur la même artère, et l'on obtint :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
130	174	44

On appliqua ensuite, le chien étant agité, le manomètre différentiel qui avait 3 millimètres de diamètre : 1° Sur le bout central de la carotide :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
152	190	38

2° Sur le bout périphérique, et l'on eut :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
110	136	26

Sur le même chien, affaibli par ces expériences et ayant subi la ligature de l'artère carotide d'un côté, on fit, deux jours après, l'expérience suivante :

1° On introduisit successivement dans le bout central et périphérique de l'artère carotide droite un seul bout du manomètre différentiel, et l'on l'obtint :

	Minimum.	Maximum.	Oscillations.
Bout central.	150	160	10
Bout périphérique. .	106	122	16
	Differ. max.	Differ. min.	Differ. oscill.
	44	38	6

2° Le même instrument, appliqué alors sur les deux bouts à la fois, donna une différence de pression

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
38	44	6

en faveur du bout central.

Dans cette expérience, on peut voir cette coïncidence singulière que les différences 44, 38, 6, calculées d'après la comparaison des pressions observées isolément sur les bouts central et périphérique, sont celles que donne l'instrument différentiel appliqué sur ces deux bouts à la fois.

3° On introduisit de nouveau le manomètre simple dans le bout central, et l'on obtint :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
148	164	16

4° On plaça ensuite le cardiomètre sur le même bout central, et l'on observa une oscillation plus grande :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
130	158	28

L'animal resta calme pendant les quatre observations.

Exp. (8 février 1854). — Sur un chien affaibli, ayant eu le nerf pneumogastrique coupé quinze jours auparavant, on fit les expériences suivantes :

1° On appliqua l'hémodynamomètre différentiel sur les bouts centraux des deux artères crurales, et l'on obtint un équilibre à 0 avec des oscillations de 3 à 4 millimètres.

2° On appliqua ensuite l'instrument, d'une part, un bout sur le bout supérieur ou central de l'artère crurale droite, et l'autre sur le bout périphérique de l'artère crurale gauche.

On obtint une différence de :

Minimum.	Maximum.
20	30

en faveur du bout central.

Ensuite on prit la pression dans chacun de ces deux bouts pris isolément, on obtint :

	Minimum.	Maximum.	Oscillations.
Bout central	80	85	5
Bout périphérique. . .	50	65	15
	Differ. max.	Differ. min.	Differ. oscill.
	30	20	10

La différence que donnerait le calcul est encore ici de 20 et 30, c'est-à-dire les chiffres préalablement obtenus par l'expérience directe. Seulement, la différence

minimum observée répondrait à la différence calculée des maxima, et réciproquement.

Plusieurs observations directes nous ont donné ce résultat, sur lequel nous devons nous arrêter un instant.

Dans ces expériences, on opérait dans deux conditions différentes qui, cependant, ne l'étaient pas tellement que les résultats ne fussent cependant comparables.

Dans un cas, en effet, on a appliqué le manomètre séparément sur chacun des bouts de la carotide coupée, l'autre bout étant lié. Dans l'autre cas on a appliqué l'instrument à la fois sur les deux branches de la même artère.

Ces conditions diffèrent toutes deux cependant du fonctionnement normal en ce qu'elles apportent un obstacle absolu au passage du sang à travers le tronc carotidien. Toutefois elles sont comparables entre elles, parce que, le manomètre étant appliqué sur un des bouts, la pression qui tendrait à faire refluer le sang par l'autre bout trouve un obstacle également insurmontable dans la ligature et dans la résistance de la colonne mercurielle.

Comparons donc les résultats obtenus dans ces deux conditions, ne perdant cependant pas de vue qu'ils sont artificiels et ne sauraient représenter le mécanisme normal de la circulation.

L'expérience nous montre que la pression totale, soit que l'on ne considère que la pression constante, soit qu'on lui ajoute la pression variable, est toujours plus considérable dans le bout central que dans le bout périphérique. Il en résulte que si réellement l'application du manomètre différentiel ne change rien aux conditions

mécaniques du phénomène, il devra toujours accuser un excès de pression au profit du bout central.

De plus, nous voyons qu'en examinant séparément les deux bouts, la différence entre les pressions constantes est plus grande qu'entre les pressions constantes augmentées des pulsations ; en d'autres termes, que la différence la plus grande répond à la diastole, et la différence la moins grande à la systole.

Le manomètre différentiel devrait donc donner, toujours au profit du bout central, un excès de pression ayant son maximum pendant la diastole, alors qu'il représente la différence entre les pressions constantes, et son minimum pendant la systole, alors qu'il représente la différence entre les pressions variables.

C'est en effet ce qui a eu lieu, et nous voyons (*exp.* p. 214) que tandis que les bouts artériels examinés séparément donnent leur pression constante, pression minimum, le manomètre différentiel accuse la différence maximum 44 :

	Pression constante. Bout central.		Pression constante. Bout périphérique.		Différence.
Pressions minima....	150	—	106	=	44

Pendant que les bouts examinés séparément donnent leur pression maximum, répondant à la systole, le manomètre différentiel accuse au contraire au profit du bout central un excès de pression minimum, 38.

	Pression totale. Bout central.		Pression totale. Bout périphérique.		Différence.
Pressions maxima....	160	—	122	=	38

On voit ainsi clairement que le maximum de la pression différentielle correspond aux pressions constantes minima, et qu'au contraire le minimum de la pression différentielle correspond aux pressions totales

maxima. De plus, la concordance parfaite des conclusions auxquelles vient de nous conduire le calcul basé sur cette appréciation *à posteriori*, avec les résultats de l'observation directe, établit que dans les deux circonstances où nous nous sommes placé, c'est-à-dire dans l'examen séparé des bouts artériels et dans leur examen comparatif, nous opérions dans des conditions identiques. Mais, je dois encore vous le répéter ici, on ne saurait en conclure que la pression physiologique est seulement la différence.

Nous savons déjà que la pression constante est à peu près la même dans le système artériel de tous les animaux, quelle que soit leur taille, pourvu qu'ils soient dans les mêmes conditions de digestion et de nutrition, tandis que la pression cardiaque est toujours en rapport avec le volume du cœur, et par conséquent le volume de l'animal. La preuve de ce fait peut être donnée par l'expérience directe, qui montre qu'en agissant sur les mêmes artères d'animaux de taille différente, on obtient comme différence l'excès de pression cardiaque du plus grand animal sur le plus petit.

Voici une expérience qui met ce fait en évidence.

Exp. — Gros chien pesant 33^{kil},200, long, du bout du nez à la racine de la queue, de 1^{m},22. La distance de l'ouverture faite à l'artère au cœur est de 24 centim.

On opposa un petit chien pesant 1^{kil},870, d'une longueur de 43 centimètres. La distance de la plaie artérielle au cœur était de 9 centim.

Le gros chien avait 112 pulsations par minute, et le petit chien 150.

A l'aide du manomètre différentiel appliqué successi-

vement sur le bout central d'une artère carotide chez chacun des chiens, on trouva :

	Minimum.	Maximum.	Pulsations.
Gros chien.	60	80	20
Petit chien.	55	60	5

Dans un effort chez ce dernier animal, la pression maximum avait monté jusqu'à 65.

On appliqua alors le manomètre différentiel simultanément sur le bout central de l'artère carotide homologue des deux chiens, qui avaient été disposés sur la table de manière que leurs deux artères fussent à la même hauteur.

On obtint une pression de 15 à 20 millimètres en faveur du gros chien, pression qui présentait des oscillations au nombre de 112 par minute, nombre égal à celui des pulsations observées primitivement chez le gros chien. Ce qui prouve que la différence observée se rapporte à la pression variable ou cardiaque des chiens, et nullement à la pression constante, qui ne paraît pas différer chez ces animaux, malgré la grande inégalité de leur taille.

On observa, en outre, lorsque le petit chien faisait des efforts spontanément, ou alors qu'on l'excitait, et qu'en même temps le gros chien restait calme, qu'il n'y avait pas de changement sensible dans l'indication différentielle de l'instrument ; tandis que si l'on provoquait des efforts chez le gros chien pendant que le petit chien restait calme, la différence accusée par l'instrument augmentait.

Cette expérience nous confirme dans notre opinion que les pressions cardiaques seules varient en général

chez les animaux d'une même espèce, tandis que chez eux la pression constante est sensiblement la même.

Si, au lieu d'agir sur un très gros et un très petit chien, on agissait sur d'autres animaux de taille très différente, tels qu'un cheval et un lapin, on obtiendrait sans doute le même résultat. Seulement la différence serait encore plus considérable en raison de l'inégalité plus grande du volume des cœurs.

Messieurs, j'ai voulu surtout, au sujet de la circulation, vous indiquer la distinction que j'ai établie dans la pression observée dans le système artériel entre la pulsation du cœur, le pouls, et la pression propre au système artériel lui-même. Cette distinction est fort importante, et je ne sache pas qu'elle ait été faite jusqu'ici.

Mais la pulsation cardiaque offre à considérer d'autres éléments que son intensité, que la pression qui la mesure; sa fréquence a de tout temps offert au médecin des signes auxquels on a attaché une grande importance : c'est d'elle que nous allons vous entretenir.

Y a-t-il des rapports entre cette fréquence de la pulsation et les autres conditions mécaniques de la circulation?

Considérée d'une manière absolue, la fréquence des pulsations est excessivement variable. Beaucoup d'auteurs ont réuni en tableau un grand nombre de chiffres donnant la fréquence moyenne du pouls chez différentes espèces animales; ces chiffres sont très différents, mais sans grand intérêt. C'est chez le même individu qu'il importe au physiologiste de suivre les variations de fréquence du pouls; or elles peuvent être considérables. On

trouve, même à l'état normal, en parfaite santé, des différences notables chez un même animal : c'est ainsi que chez le cheval le pouls donne de 30 à 40 battements par minute, que le chien en donne de 100 à 120; l'homme tient à peu près le milieu et en présente de 60 à 70, et même 80. Nous aurons à examiner à quelles conditions organiques sont liés ces écarts chez un individu sain. Et d'abord, je dois vous signaler un fait assez singulier encore inexpliqué. Tandis que la régularité du pouls est regardée comme seule compatible avec l'état de santé, il est des animaux qui, à l'état de santé, ont le pouls irrégulier. Le pouls du cheval est normalement régulier; il n'en est plus de même chez le chien, où normalement les temps qui séparent deux pulsations ne sont pas égaux. On pourrait croire que ce fait, qui chez l'homme serait considéré comme morbide, tient chez le chien à l'appréhension de l'expérience; mais la même chose a lieu chez des chiens parfaitement apprivoisés qu'on examine en dehors de l'influence que peut exercer l'appareil du laboratoire; il est donc bien normal chez le chien.

Le nombre des pulsations varie suivant certaines circonstances relatives à l'état du système nerveux et à des conditions fonctionnelles normales.

A l'état physiologique, le nombre des pulsations varie avec l'état des fonctions digestives et se trouve en rapport avec les diverses phases de l'alimentation ; il baisse quand les animaux sont à jeun et augmente pendant la période digestive. Nous avons constaté également que la pression du cœur augmente pendant l'état de digestion

et diminue pendant l'état d'abstinence. Les rapports que je vous signale ont été souvent observés par les médecins ; ils ont de plus été l'objet d'études physiologiques spéciales. Lichtenfels et Fröhlich, qui ont observé sur l'homme, ont vu que, toutes conditions égales d'ailleurs, le pouls est plus fréquent après le repas. La fréquence moyenne étant de 60 pulsations par minute, on voit qu'une heure après le repas elle s'est accrue de 7 ; que jusqu'à la deuxième heure le nombre des pulsations augmente, et qu'à ce moment il a atteint son maximum. Alors il commence à décroître, mais l'effet se soutient pendant cinq heures, c'est-à-dire que ce n'est qu'au bout de cinq heures que le pouls est revenu à son état normal. La fréquence du pouls atteint donc son summum une heure ou deux après l'ingestion des aliments ; c'est là un fait constant.

Messieurs, aucun phénomène n'est isolé, indépendant des autres, dans un organisme vivant ; et je ne puis vous parler du pouls et de sa fréquence sans examiner s'il n'existe pas un rapport entre la fréquence du pouls et la production de chaleur, et quel peut être ce rapport.

On ne peut douter que la production de chaleur soit en rapport avec la fréquence des pulsations, et surtout avec la pression, lorsque l'on compare la rareté du pouls des animaux à sang froid avec sa fréquence chez les animaux à sang chaud, chez les mammifères, et surtout chez les oiseaux. Sans sortir des mammifères, on voit chez les animaux hibernants un abaissement notable de température coïncider avec un abaissement du pouls et une diminution de la pression, comme nous l'avons

depuis longtemps constaté sur des animaux auxquels nous avions coupé la moelle épinière. Le nombre des pulsations semble donc croître avec la chaleur.

Les auteurs que nous avons cités plus haut ont examiné chez l'homme ce qu'il fallait penser de ce rapport, et ont pris la température dans les circonstances variées où le pouls avait été examiné. Comme le pouls, la température est sujette à des oscillations; mais ces augmentations et diminutions se correspondent-elles? Pour le savoir, on prit la température dans la bouche, sous la langue, en ayant la précaution de faire respirer par le nez le sujet de l'observation. On a trouvé ainsi dans un grand nombre d'expériences que la température est plus élevée après le repas que pendant l'état d'abstinence. Les élévations de température sont de 0°,5 à 0°,6. Mais le fait intéressant est l'absence d'accord entre les changements qui surviennent dans le pouls et les modifications qu'éprouve la température. Tous deux augmentent pendant la période digestive, mais non simultanément.

Tandis que le pouls atteint son maximum de fréquence de la première à la deuxième heure, la chaleur croît plus lentement et n'atteint son maximum que vers la quatrième heure après l'ingestion des aliments, pour se maintenir pendant cinq ou six heures. Il y a donc, non pas simultanéité, mais succession de ces deux phénomènes : augmentation de fréquence du pouls, élévation de la température; et c'est là un fait extrêmement intéressant, parce qu'il emprunte une grande autorité à des observations faites par une autre voie.

Nous savons, en effet, qu'il y a deux actes à distinguer dans la digestion. La digestion intestinale, qui dure quatre ou cinq heures, détermine l'absorption des aliments ; après quoi commence une nouvelle digestion, la digestion par le foie, dont le tour arrive quatre ou cinq heures après l'ingestion des aliments, alors que la digestion intestinale s'achève. Or, nous avons vu, d'une part, que le sang qui sort du foie est plus chaud que celui qui y entre ; d'autre part, qu'au moment où finit la digestion intestinale et commence la digestion hépatique, la circulation est plus active dans le système de la veine porte et des veines sus-hépatiques. Pour toutes ces raisons, nous sommes très disposé à admettre que la chaleur plus grande qui apparaît quelques heures après le repas est due à la suractivité de la circulation hépatique. Les deux phénomènes sur lesquels j'ai appelé aujourd'hui votre attention, l'accélération du pouls et l'augmentation de chaleur, correspondent donc, le premier à la digestion intestinale, le second à la digestion hépatique. Si donc ces phénomènes sont tous deux consécutifs à la digestion, ils ne sont pas pour cela ni simultanés, ni en rapport l'un avec l'autre ; mais ils apparaissent successivement et à des temps différents de l'accomplissement de la fonction.

Une cause qui agit très efficacement pour accélérer le pouls et produire la chaleur, c'est le mouvement.

Nous avons fait autrefois avec Magendie des expériences qui ne laissent aucun doute à cet égard. On observait des chevaux à jeun, dont on prenait la tem-

pérature pendant qu'ils étaient tranquilles et reposés; puis on les faisait courir et on les observait de nouveau. Le nombre des pulsations avait augmenté et la température était plus élevée. Le mouvement est donc une cause d'accélération du pouls et de production de chaleur, qui, indépendante des précédentes, peut venir s'y ajouter. Si maintenant nous voulons expliquer comment le mouvement peut produire ces effets, il nous faut évidemment rechercher la cause prochaine dans des phénomènes d'un autre ordre que ceux qui nous occupaient tout à l'heure.

Lorsque nous avons examiné ici les conditions de la production de chaleur chez les animaux, nous sommes arrivés à cette conclusion, que la chaleur se produisait partout et non pas dans tel ou tel organe déterminé. Or, il est prouvé par des observations faites avec l'aide d'appareils thermo-électriques, que la contraction musculaire produit de la chaleur; nous pouvons dès lors nous rendre compte très simplement d'une élévation de température qui reconnaît une cause et un mécanisme tout autre que celui qui accompagne la seconde période de la digestion. J'aurai à vous signaler des différences de coloration du sang en rapport avec l'état de repos ou d'action du système musculaire, différences qui dépendent d'actions moléculaires accompagnées d'un dégagement de chaleur; il n'est pas étonnant que ces conditions se trouvant réalisées dans l'effort musculaire, les muscles d'un animal en mouvement fournissent tous du sang plus chaud, d'où élévation de la température générale.

Comment se fait-il que dans ces conditions les pulsations du cœur soient plus fréquentes?

J'ai déjà eu l'occasion de vous dire que l'élévation de température fait contracter le cœur plus souvent. Si l'élévation de température est sous la dépendance des contractions cardiaques, elle peut aussi être primitive et déterminer une plus grande fréquence des pulsations.

Dans le cas particulier où l'animal se livre à des mouvements généraux, l'augmentation des pulsations paraît être une conséquence de l'élévation de température. Ces deux manifestations semblent donc avoir l'une sur l'autre une influence réciproque, qui, dans les conditions physiologiques, établit entre elles un rapport direct.

Elle dépend aussi de la respiration. En général, à l'état pathologique, et même à l'état normal, le nombre des respirations et celui des pulsations augmentent et diminuent ensemble. Mais il est des cas dans lesquels cet accord cesse d'exister, c'est quand on vient à agir sur les nerfs qui règlent les phénomènes circulatoires ou respiratoires. Ainsi, quand on agit sur le pneumogastrique on change complétement les rapports fonctionnels normaux qui unissent le cœur et le poumon. Nous avons publié sur ce sujet un grand nombre d'expériences, qui toutes ont donné les mêmes résultats.

D'abord, lorsqu'on expérimente sur les chiens, la première conséquence de la section des nerfs vagues est de rendre régulier le pouls qui, normalement, est irrégulier. Chez un chien auquel on a coupé les pneumogastriques, non-seulement le pouls est devenu régulier,

mais il a perdu toute aptitude à devenir irrégulier sous l'influence des modifications qui, d'ordinaire, produisent ce résultat.

La section des pneumogastriques nous donne encore à observer des faits qui sont en complet désaccord avec les phénomènes observés à l'état physiologique. Je vous disais que dans les conditions normales il existe une relation nécessaire et constante entre le pouls, la respiration et la production de chaleur ; que ces trois ordres de faits éprouvaient ensemble des variations en plus ou en moins. Après la section du pneumogastrique, cette relation disparaît ; la solidarité qui existe entre ces phénomènes a été détruite. La section des pneumogastriques dans le cou efface chez le chien l'intermittence des pulsations, diminue le nombre des respirations ; mais si on tâte le pouls, on voit que les pulsations, loin de suivre dans leur abaissement le chiffre des respirations, ont, au contraire, considérablement augmenté de fréquence ; leur nombre a à peu près doublé, en même temps que la pression cardiaque a considérablement diminué. L'ordre de ces deux phénomènes est donc complétement renversé. La température baisse, contrairement à ce que pourrait faire croire l'accroissement seul du nombre des pulsations.

Vous voyez par cet exemple combien il importe d'établir la distinction que je vous signalais entre la pression des artères et l'intensité de la pulsation. On a dit, et cela est vrai, que la section du pneumogastrique augmente la pression artérielle, et on s'en est tenu à cette indication du phénomène considéré en masse.

Mais l'observation prend une signification plus complète, plus physiologique quaud on fait la distinction que nous avons établie. En effet, si la pression totale était de 150 millimètres, elle sera peut-être après l'opération de 160 ou 170 millimètres ; mais si l'on avait tenu d'abord compte des oscillations, on verrait que la pression artérielle a augmenté et qu'en même temps les oscillations ont diminué d'étendue et augmenté en nombre ; par conséquent, l'impulsion cardiaque a réellement diminué, et tout semble montrer que c'est l'intensité de cette impulsion qui est en rapport avec la température de l'animal. Ce fait est d'accord avec la loi de variation inverse de la pression constante et de l'impulsion cardiaque. Dans ce cas, on peut dire que l'action du cœur a diminué d'énergie, bien que la pression soit plus grande dans le système artériel.

A l'état physiologique, il y a donc entre les manifestations de la pression constante, de la pulsation cardiaque et de la production de chaleur, des liens que détruit complétement la section du pneumogastrique. On peut se faire, par cet exemple, une idée de l'importance du système nerveux dans des phénomènes qu'on a pu croire soustraits à son influence. Les considérations dans lesquelles nous entrerons dans la prochaine leçon viendront à l'appui de cette idée, sur laquelle je ne saurais trop insister.

DIXIÈME LEÇON.

22 JANVIER 1858.

SOMMAIRE : Influence des nerfs sur les phénomènes mécaniques de la circulation. — Expériences.

MESSIEURS,

Nous allons poursuivre nos expériences à l'aide de l'instrument dont nous vous avons parlé dans la dernière séance (fig. 6) ; nous allons nous en servir pour étudier une des questions les plus intéressantes à notre point de vue : celle de l'influence des nerfs sur les phénomènes mécaniques de la circulation. Les nerfs, en agissant sur le cœur, peuvent certainement apporter de grandes modifications dans les phénomènes mécaniques de la circulation ; mais ces phénomènes peuvent aussi s'observer par suite de l'action du système nerveux portant exclusivement sur le système capillaire.

Cette contractilité des vaisseaux sous l'influence nerveuse a été contestée pendant longtemps, et l'élasticité purement physique des parois artérielles paraissait tellement établie comme propriété spéciale du système artériel, qu'en invoquant une propriété contractile, on semblait s'appuyer sur une hypothèse sans aucun fondement. Dès 1843 je pus me convaincre de la contractilité des artères sous l'influence du système nerveux ; ce n'est que plus tard que j'ai fait les expériences sur le grand sympathique qui mettent ces faits en évidence et sont aujourd'hui parfaitement connues des physiologistes.

Mais on a considéré que le rétrécissement des artères était dû à l'action des nerfs sur l'élément musculaire de ces vaisseaux, tandis que la dilatation serait le résultat de l'élasticité physique que possèdent leurs parois. Nous verrons même plus tard que cette dilatation active, que l'on repousse comme antirationnelle, est cependant une réalité ; et à ce propos, je vous ferai remarquer qu'on ne doit jamais, en physiologie, repousser un fait démontré parce que son explication paraît contraire aux lois physiques les mieux établies, quoique j'admette parfaitement que les lois physiques ou mécaniques ne peuvent jamais être violées dans les phénomènes de la vie.

Nous verrons, à l'aide des instruments dont je vous ai parlé, qu'indépendamment de la pression générale due à l'action du cœur, il peut survenir localement des modifications de pression qu'on n'eût certainement pas pu prévoir *à priori* dans un système continu de canaux en rapport avec un propulseur unique.

Ce sont là des questions que nous examinerons surtout, parce qu'elles rentrent plus spécialement dans le programme que nous trace le sujet de nos études de cette année, en nous montrant le lien qui unit les phénomènes nerveux aux phénomènes physico-chimiques de l'organisme.

Je viens de vous dire qu'on pouvait remarquer des modifications dans les pressions circulatoires locales, indépendantes des contractions du cœur. Nous l'avons reconnu dans un grand nombre d'expériences faites sur deux artères avec notre manomètre différentiel. Dans ces expériences nous avons pu, en coupant des nerfs ou en

les galvanisant, amener dans des circulations locales des perturbations très remarquables.

Appliquant cet instrument aux deux artères coronaires (branches de la faciale) chez des chevaux, il était dans un état parfait d'équilibre. On coupait alors le grand sympathique d'un côté dans la région du cou ; à l'instant même la pression augmentait du côté où le sympathique avait été coupé. Si, ensuite, on prenait le bout périphérique du sympathique coupé et qu'on le galvanisât, la pression cardiaque y diminuait au point de devenir beaucoup moindre que la pression du côté sain. Et cependant, pendant toutes ces épreuves, le cœur restait parfaitement le même.

Ce fait est très important, parce qu'il nous montre clairement que les phénomènes hémodynamiques ne sont pas réglés dans l'organisme par une cause unique et qu'ils peuvent varier dans les appareils particuliers et se montrer différents dans chaque organe dont le système nerveux modifie le fonctionnement.

Nous allons vous rapporter des expériences dans lesquelles vous trouverez, dans les faits de détail, la justification des propositions qui précèdent.

Exp. (19 mars 1854). — Sur un cheval de six à sept ans, usé, ayant mangé pendant la nuit précédente, on fit les expériences suivantes :

12 h. 20 m. On coupe le grand sympathique dans la région du cou, du côté gauche. Aussitôt après on recueille une demi-éprouvette de la veine jugulaire de ce côté (n° 1).

2 h. 35 m. On en retire encore une autre éprouvette (n° 2), en même temps qu'on en prend une du côté droit (n° 3).

On avait observé les phénomènes de calorification qui suivent ordinairement la section du grand sympathique: le naseau du côté gauche donnait une vapeur plus abondante après l'opération.

(La température ambiante était de 7°,5.)

Après quatre heures on examina les trois sangs :

Le n° 1 n'était pas encore coagulé et il offrait une couenne blanche considérable.

Le n° 2 et le n° 3 s'étaient rapidement coagulés ; ils n'avaient de couenne ni l'un ni l'autre; seulement le sang n° 2 était plus rouge que les autres.

On découvrit alors sur ce cheval les deux artères coronaires de la face et on appliqua sur elles le manomètre différentiel. On obtint un excès de pression de 40 millimètres en faveur du côté gauche (nerf coupé).

Alors on appliqua une des branches de l'instrument sur le bout central d'un rameau musculaire de l'artère carotide gauche, au-dessous de la section du sympathique; l'autre branche resta sur le bout central de l'artère coronaire du même côté. On obtint alors l'indication d'un excès de pression de 60 millimètres en faveur du rameau musculaire.

Alors on mesura les pressions absolues dans chacune de ces artères, et on obtint pour la branche de l'artère carotide.	90
Pour l'artère coronaire de la face	30
Différence.	60

ainsi que l'instrument l'indiquait.

Exp. — Sur un autre cheval, plus vieux, n'ayant pas mangé depuis longtemps, on découvrit des deux côtés de la face deux branches artérielles, mais soit que ces

artères ne fussent pas exactement symétriques, soit que l'on eût pris d'un côté un bout central et de l'autre un bout périphérique, l'instrument donna en faveur de l'artère du côté gauche une pression de 40 à 60 millimètres.

On fit ensuite la section du grand sympathique du côté droit; puis, deux heures après, on appliqua les deux bouts de l'instrument sur les artères préalablement examinées et on trouva que la pression n'était plus, en faveur du côté gauche, que de 18 millimètres.

Ce qui prouvait que l'opération avait augmenté à droite la pression de 22 millimètres à 42 millimètres, puisque la différence, au préjudice de ce côté, qui était d'abord de 40 à 60 millimètres, était réduite à 18 millimètres.

On fit ensuite sur la coagulation du sang les observations suivantes :

1 h.	20 m.	On coupa le grand sympathique du côté droit.
1	25	On prit de ce même côté une éprouvette de sang (n° 1).
1	27	On prit en même temps une éprouvette de sang du côté gauche (n° 2).
4	15	Le sang (n° 1) de la veine jugulaire droite n'était pas encore coagulé.
		Le sang (n° 2) du côté gauche, recueilli presqu'en même temps, était déjà coagulé.

A quatre heures on recueillit de nouveau du sang des deux veines jugulaires.

Du côté droit le sang était plus rouge, et lorsqu'il fut coagulé, la couenne blanche n'avait pas plus d'un centimètre d'épaisseur.

Du côté gauche, le sang était noir et la couenne formait environ la moitié du caillot.

Exp. (23 mars 1854). — Sur un vieux cheval (quatorze ans environ), très affaibli, ayant fait un repas après être resté plusieurs jours sans manger, on fit les expériences suivantes :

1° On découvrit l'artère coronaire faciale du côté gauche, et on prit, avec le manomètre différentiel, la pression des deux bouts, central et périphérique. On obtint un excès de pression de 50 millimètres à l'avantage du bout central.

En prenant séparément la pression dans le bout périphérique on la trouva de 34 millimètres. Ce qui donnait, par le calcul, 84 millimètres pour la pression du bout central.

2° On découvrit l'artère coronaire du côté droit pour la comparer avec celle du côté opposé.

On trouva, en examinant séparément la pression des deux artères, une pression de 100 millimètres pour le côté gauche et de 100 à 120 pour le côté droit.

3° On fit alors la section du grand sympathique du côté gauche.

35 minutes après, on prit la pression différentielle des deux artères coronaires et on obtint un excès de pression de 31 millimètres en faveur de l'artère coronaire gauche, en même temps qu'on observa de ce côté des pulsations plus fortes.

On constata du côté des narines les phénomènes suivants :

Le jet de vapeur d'eau sortait avec beaucoup moins

de force par la narine gauche que par la narine droite, quoiqu'il semblât que la quantité de cette vapeur fût plus considérable du côté gauche, où le sympathique avait été coupé.

Cette diminution de la force d'expulsion de l'air par la narine gauche était bien ici le fait de la section du grand sympathique, car le nerf vague avait été parfaitement ménagé.

On observa de plus que l'aile supérieure de la narine gauche était plus abaissée, ce qui produisait un rétrécissement de l'orifice nasal. Toutefois il n'y avait pas de paralysie de la narine qui se mouvait très bien dans les mouvements respiratoires.

4° Une heure après la section du sympathique, on appliqua le manomètre différentiel sur l'artère faciale droite et sur un rameau musculaire de l'artère carotide gauche à la partie inférieure du cou. On obtint un excès de pression de 60 à 80 millimètres à l'avantage du rameau de l'artère carotide. La pression absolue dans ce rameau était de 110 millimètres.

5° On avait retiré du sang de la jugulaire à 2 heures 25 minutes, avant la section du sympathique à gauche. Il se coagula en 40 minutes avec une couenne blanche considérable.

Trois quarts d'heure après la section du nerf, on fit du même côté, c'est-à-dire du côté gauche, une nouvelle saignée. Le sang était plus rouge, et il se coagula en onze minutes avec une couenne blanche très faible.

Après toutes ces opérations le cheval était si faible

qu'il tomba épuisé, ce qui empêcha de continuer les expériences.

Exp. (30 mars 1854). — (Température ambiante : 18 degrés.) Sur un grand cheval à jeun :

1° On prit, à midi, la pression des deux artères coronaires de la face en expérimentant bien exactement sur les mêmes branches : le manomètre différentiel resta dans un équilibre parfait.

Alors on prit les pressions absolues et on obtint une pression égale de 120 millimètres de chaque côté.

2° A 12 heures 54 minutes, on coupa le nerf grand sympathique du côté droit, et à 2 heures 10 minutes on reprit la pression différentielle dans les mêmes artères coronaires, après que les phénomènes de la calorification se furent montrés comme à l'ordinaire. On obtint un excès de pression de 60 millimètres en faveur du côté droit.

On prit alors les pressions absolues et on trouva : à droite, 180 ; à gauche, 120.

La différence 60 était précisément celle qui était donnée par l'expérience.

3° A 3 heures 25 minutes, c'est-à-dire trois heures après la section du nerf, on prit encore les pressions comparées et on obtint un excès de pression de 10 millimètres en faveur du côté droit ; alors on prit les pressions absolues : on trouva, à gauche, de 70 à 130 ; à droite, de 80 à 160. Ce qui donnait, pour le côté gauche, une oscillation de 60 millimètres et une de 80 pour le côté droit.

Exp. — Sur un cheval de petite taille, à jeun :

1° On fit une saignée à 12 heures 11 minutes à la veine jugulaire droite. Le sang était noir et il était coagulé à 2 heures 40 minutes.

2° On prit la pression comparativement dans les artères coronaires de la face à 12 heures 37 minutes. On trouva que la pression était la même des deux côtés et que l'appareil restait en équilibre au 0.

3° A 12heures 41 minutes on coupa le nerf sympathique du côté droit dans la région du cou.

4° On fit une seconde saignée à la veine jugulaire droite à 12 heures 47 minutes, par conséquent 5 minutes après la section du nerf sympathique. Le sang, qui s'écoula par une petite ouverture et en bavant, était plus rouge que celui de la première saignée et était coagulé au bout de 1 minute.

5° A 2 heures 15 minutes, on reprit les pressions des deux artères coronaires séparément, et on obtint : du côté droit, 120 à 130; du côté gauche, 110 à 120.

6° A 2 heures 22 minutes, on fit une saignée à la veine jugulaire du côté gauche, et à 2 heures 25 minutes on reprit du sang à la veine jugulaire du côté droit.

Le sang de la jugulaire gauche, plus noir, se coagula très lentement et présenta un caillot blanc qui tenait la moitié de la hauteur de l'éprouvette.

Le sang du côté droit était plus rouge et il forma un caillot blanc qui n'occupait que le cinquième supérieur de l'éprouvette (le sang avait dans les deux saignées coulé par une large ouverture).

7° A 3 heures 45 minutes, trois heures après la section

du sympathique, on reprit les pressions des artères et on obtint séparément les pressions : du côté droit, 100 à 130 ; du côté gauche, 80 à 100.

Après quoi on appliqua l'instrument différentiel sur les deux artères à la fois et on obtint excès de pression de 25 millimètres pour le côté droit.

Exp. — Sur un autre cheval, à 2 heures 40 minutes : 1° on fit une saignée à la veine jugulaire droite. Le sang se coagula et donna un caillot blanc qui occupait environ le quart supérieur de l'éprouvette.

2° On découvrit les artères carotides des deux côtés, à la partie inférieure du cou, et on prit un rameau musculaire au même niveau des deux côtés. On y constata les pressions absolues : à gauche, 140 à 260 ; à droite, 140 à 260.

On appliqua alors l'instrument différentiel sur les deux côtés à la fois et on obtint un équilibre de pression sans pulsation sensible.

3° A trois heures 6 minutes on coupa le nerf sympathique du côté gauche.

4° A 3 heures 9 minutes on fit une saignée à la veine jugulaire droite ; et à 3 heures 11 minutes, une saignée à la veine jugulaire gauche. Le sang retiré du côté droit ne donna pas de caillot blanc, ou à peine. Pour le côté gauche, le caillot blanc occupait environ le tiers supérieur de l'éprouvette.

A 4 heures 9 minutes, c'est-à-dire une heure après la section du sympathique, on fit à l'animal une nouvelle saignée des deux côtés.

Le sang du côté droit donna un caillot blanc occupant

environ le dixième supérieur de l'éprouvette. A gauche, le sang se coagula sans donner de caillot blanc.

5° On prit les pressions des rameaux carotidiens à 4 heures 10 minutes, et on obtint : à gauche, 120 à 140; à droite, 120 à 160.

Ces nombres prouveraient que la pression du sang dans les carotides est restée la même des deux côtés au-dessous du point où le sympathique avait été coupé, bien qu'on voie que dans ces deux vaisseaux la pression fût bien inférieure à ce qu'elle était d'abord; ce qui provient sans doute des saignées et des diverses opérations faites à l'animal.

Exp. (23 avril 1854). — Cheval breton de taille moyenne, assez vigoureux, âgé d'environ douze ans, ayant une affection du pied gauche antérieur, à jeun depuis vingt-quatre heures environ.

1° A 10 heures 30 minutes on découvrit les deux artères coronaires de la face, un peu avant leur division en palpébrale et en nasale.

2° On prit ensuite la pression différentielle de ses artères et on trouva un équilibre parfait.

Immédiatement après, on prit dans chaque artère la pression absolue et on trouva : à droite, 120 à 160; à gauche, 120 à 160.

Appliquant ensuite le cardiomètre, on eut : à droite, 110 à 170; à gauche, 100 à 170.

3° A 11 heures 13 minutes, on coupa le nerf grand sympathique du côté droit.

4° A 11 heures 20 minutes, c'est-à-dire sept minutes après la section du sympathique, on prit la pression

différentielle, qui était de 60 millimètres en faveur du côté droit.

Prenant les pressions absolues avec le même instrument, on eut : à gauche, 120 à 160; à droite, 130 à 220.

A 11 heures 25 minutes on répéta la même épreuve avec le cardiomètre, qui donna : à droite, 130 à 170; à gauche, 120 à 170, l'animal étant calme.

5° A 11 heures 45 minutes, on compta les respirations, qui étaient au nombre de 16 par minute; on compta dans le même temps de 40 à 44 pulsations.

6° A 12 heures 25 minutes on reprit les pressions absolues : à gauche, 110 à 120; à droite, 100 à 120.

On trouva donc les pressions inférieures à ce qu'elles étaient précédemment, ce qui tient probablement à ce que pendant les premières observations l'animal était très tourmenté par le torche-nez qui le serrait, ce qui se traduisait par des mouvements continuels, tandis que pendant les dernières observations, le cheval, débarrassé depuis quelque temps du torche-nez, ne faisait plus aucun mouvement et était parfaitement calme.

On observa aussi que, pendant que l'animal était tourmenté, les deux oreilles étaient chaudes. La différence de température entre les deux oreilles ne se manifesta que lorsque l'animal était devenu calme; la température de l'oreille saine s'était alors abaissée.

7° A 1 heure 50 minutes on prit les pressions, l'animal étant toujours très calme : à gauche, 100 à 160; à droite, 140 à 160.

Il y avait 48 pulsations. La température de l'oreille

droite était plus élevée que celle de l'oreille gauche; cependant l'animal ne suait pas, ce qui tient probablement à sa race; car on avait remarqué déjà que les chevaux bretons offrent beaucoup plus de résistance que les autres à la production de ce phénomène.

8° A 2 heures 8 minutes on reprit la pression à droite et l'on trouva : 110-130.

Pendant que l'instrument était appliqué, on irrita le nerf sympathique dans son bout périphérique, au cou, avec la pince électrique. A l'instant même, la pression constante augmenta de 140 à 160, en même temps que les pulsations cardiaques devinrent de plus en plus petites et finirent même par disparaître complétement.

9° Ensuite ayant une pression de 120 à 140, les pulsations étant de 20 millimètres, on irrita encore le bout périphérique du sympathique et la pression augmenta de 140 à 160. Les pulsations devinrent de plus en plus petites et finirent même par disparaître complétement.

On cessa alors l'excitation du nerf et les pulsations reparurent peu à peu à mesure que de son côté la pression diminuait et que tous les phénomènes se rétablissaient comme avant la galvanisation, c'est-à-dire que la pression revenait à droite de 110 à 130 avec des pulsations de 20 millimètres.

10° A 2 heures 40 minutes, on prit la pression différentielle et l'on obtint une pression de 40 millimètres en faveur du côté droit.

Alors, l'instrument étant en place, on irrita le nerf sympathique, et après une demi-minute environ d'excitations successives, l'équilibre existait entre les deux côtés.

11° A 2 heures 45 minutes on fit différentes tentatives d'observations infructueuses.

A 3 heures 35 minutes on fit une dernière observation hémométrique qui donna les résultats suivants : à gauche, 120 à 160 ; à droite, 140 à 160, les pulsations étant de 10.

Enfin, comme remarque générale, on doit dire que la galvanisation du grand sympathique n'avait déterminé aucune manifestation douloureuse ; on nota encore que l'animal fut pris au bout de quelque temps d'un tremblement de tout le corps ; il n'avait pas sué du tout.

Exp. — Cheval percheron, âgé de douze ans environ, assez bien nourri, ayant l'affection qu'on désigne sous le nom d'*immobile*, *fou*, à jeun depuis vingt-quatre heures. Ses respirations étaient au nombre de 16, les pulsations de 42 par minute.

1° A 12 heures on découvrit les deux veines coronaires de la face.

2° A 12 heures 10 minutes on prit la pression absolue : à droite, 30 à 40 millimètres ; à gauche, 30 à 40 millimètres ; pas de pulsations bien sensibles.

3° A 12 heures 20 minutes on coupa le nerf sympathique du côté droit après en avoir fait la ligature.

4° A 12 heures 25 minutes on reprit la pression des veines et l'on obtint : à droite 50 à 60 millimètres ; à gauche, 20 à 30 millimètres.

L'animal était calme.

L'élévation de la température était déjà très manifeste du côté droit.

5° A 2 heures l'animal suait fortement du côté droit

et présentait un frisson de toute la surface du corps. On prit successivement les pressions des deux veines et l'on obtint : à gauche, 25 millimètres, sans pulsations ; à droite, 40, avec pulsations manifestes, au nombre de 52 par minute.

6° On irrita alors avec la pince galvanique le bout supérieur du nerf sympathique.

Pendant cette irritation, qui ne produisit pas de manifestation douloureuse, la pression du côté droit descendit de 40 à 20, en même temps que les pulsations disparaissaient.

On cessa l'irritation, et une minute après, les pulsations, qui avaient environ 4 millimètres de hauteur, étaient revenues à leur valeur et au nombre de 52 par minute.

7° A 2 heures 30 minutes, on irrita le nerf. Après 30 secondes d'irritations successives, la pression était tombée à 20 millimètres. Après 45 secondes elle était descendue à 10 millimètres ; après 60 secondes, elle était à 10 millimètres ; après 75 secondes, toujours à 10 millimètres, et les pulsations étaient nulles.

8° A 3 heures 5 minutes, on prit la pression dans la veine coronaire gauche ; on avait de 30 à 40, sans pulsations ; veine droite, 40 à 50, avec pulsations de 6 à 10 millimètres.

9° A 8 heures 10 minutes on irrita le nerf pendant que l'instrument était sur la veine droite. La pression descendit à 30 millimètres, et les pulsations n'étaient plus que de 2 millimètres.

10° A 3 heures 50 minutes, on prit pour la dernière fois la pression absolue des deux veines et on obtint à

gauche 30 sans pulsations, à droite 40 à 45 avec pulsations de 4 millimètres.

11° A quatre heures, on retira, sur le cheval soumis à l'expérience de la p. 240, du sang de l'artère faciale droite, et du sang de la veine coronaire droite. La coagulation fut assez rapide dans les deux sangs, mais moins rapide cependant dans le sang artériel, où il y avait une couenne considérable.

Sur le cheval, sujet de l'expérience que nous rapportons maintenant, on prit du sang des deux veines de la face. Il y eut peu de différence pour la coagulation, qui fut très lente dans les deux cas, probablement parce que l'animal était encore sous l'influence de l'excitation des nerfs; seulement le sang veineux du côté où le sympathique avait été coupé était rutilant comme du sang artériel, ce qui s'observe habituellement dans ces expériences.

Exp. (30 avril 1854). — Grand cheval bai, d'environ treize ans : 72 pulsations et 12 respirations par minute ; à jeun depuis vingt-quatre heures environ.

1° On découvrit à droite et à gauche sur la face les veines coronaires sur lesquelles on appliqua le manomètre.

On constata les pressions : à droite, 30 ; à gauche, 30.

Lorsque l'animal faisait des mouvements des mâchoires, la pression montait à 40.

2° A 11 heures 2 minutes, on découvrit le sympathique du côté droit, et on le coupa. Pendant l'opération, l'animal, indocile, était maintenu par un torchenez.

On constata, immédiatement après la section du nerf, les pressions suivantes : à droite, 50 ; à gauche, 50.

L'animal étant calme, il y avait eu augmentation de pression, par suite sans doute de la douleur produite par l'opération ; pendant les mouvements de mastication, la pression montait à 60.

3° A 11 heures 12 minutes, l'échauffement était très manifeste du côté droit de la face.

4° A 11 heures 30 minutes, l'animal étant calme et reposé, on prit les pressions dans chaque veine : à droite, 45 millimètres ; à gauche, 30 millimètres.

On n'observa de pulsations d'aucun côté.

A 12 heures 11 minutes, l'animal étant calme, on reprit les pressions : à droite, 40, avec pulsation très faible ; à gauche, 30 ; pas de pulsation.

La canule du tube manométrique étant tombée et ayant été replacée, les pressions furent constatées de la manière suivante : à droite, 45, 50, 60, 45, 50, avec des pulsations de 2 millimètres.

5° A 1 heure 35 minutes, on reprit les pressions, l'animal étant calme : à droite, 40 millimètres de pression avec pulsations, 2 millimètres ; à gauche, 30 millimètres, sans pulsations.

6° A ce moment on essaya de mesurer la rapidité du cours du sang par une injection de prussiate de potasse ; mais l'expérience ne réussit pas.

Ce cheval, de race picarde, était de haute taille, il ne sua pas, bien que l'élévation de température fût très manifeste du côté opéré.

Exp. — Petit cheval brun, quinze ans, race bretonne.

1° On mit à découvert l'artère glosso-faciale droite et le canal parotidien.

2° On prit les pressions dans les deux bouts de l'artère :

Bout central : 70 à 130 ; oscillations, 60.

Les pulsations étaient au nombre de 36 par minute.

Dans le bout périphérique, de 35 à 45 ; oscillations : 10.

3° A 11 heures 55 minutes, on fit mâcher du foin à l'animal et on recueillit la salive pendant 2 minutes.

4° A 12 heures 2 minutes on coupa le sympathique du côté droit.

5° A 12 heures 22 minutes, on constata les pressions, l'animal étant calme et maintenu par le torche-nez.

Bout périphérique : 45 à 55 ; oscillations, 10.

Bout central : 100 à 170 ; oscillations, 70.

Les pulsations étaient au nombre de 36 par minute.

6° A 1 heure 54 minutes, on reprit les pressions et on obtint, le torche-nez étant enlevé :

Bout périphérique : 45 à 55.

Bout central : 100 à 160, avec 48 pulsations par minute.

7° A 2 heures 2 minutes on irrita le grand sympathique pendant que l'instrument était appliqué, et l'on constata que la pression du bout périphérique, primitivement de 50, montait à 110 ; et en prolongeant longtemps la galvanisation, elle redescendait à 80. Les oscillations, d'abord de 20 millimètres, allèrent en diminuant et s'arrêtèrent à 10 millimètres.

La pression du bout central fut successivement de

140, 80, 100, 110 millimètres; les oscillations, de 60, 70, 70, 70.

8° Après quelques minutes de repos, on prit de nouveau les pressions, et on eut : bout périphérique, 58.

On irrita le nerf, et cette pression monta à 64-70. Les oscillations, d'abord nulles, eurent ensuite 2 millimètres.

A 2 heures 35 minutes on rechercha le grand sympathique, qui avait perdu sa ligature trop peu serrée. Dans cette opération le pneumogastrique fut un peu froissé.

9° On reprit les pressions : bout périphérique de l'artère, 40 millimètres.

On irrita le sympathique très haut dans la plaie; la pression monta à 100-110; les oscillations, d'abord très faibles, furent ensuite de 4 millimètres.

Le bout central donna les pressions 100-120-125-140-120 millimètres, avec des oscillations de 70-40-10-60 millimètres.

10° Ensuite on galvanisa le pneumogastrique; la salive ne coula pas; l'animal toussa fort. Il n'avait pas toussé quand on avait irrité le sympathique.

Le cheval sujet de cette expérience n'a pas sué malgré l'élévation de température produite dans le côté droit de la tête par la section du sympathique.

Les deux expériences précédentes montrent que lorsqu'on galvanise le bout périphérique du sympathique, on ne produit, en général, pas de douleur. L'effet de cette galvanisation sur la circulation capillaire

ne se manifeste que quand l'excitation dure depuis quelques instants. Quand on cesse la galvanisation, l'effet produit persiste pendant quelques minutes.

L'effet de la galvanisation du sympathique se manifeste d'abord par une augmentation de la pression artérielle et diminution des pulsations dans les deux bouts de l'artère, mais surtout dans le bout périphérique.

Puis, si l'on prolonge longtemps l'action du galvanisme, la pression diminue en même temps que les oscillations, qui finissent même par disparaître.

La première galvanisation du nerf donne toujours les effets les plus intenses. Quand on répète les galvanisations, même à des intervalles assez longs, les effets sont beaucoup moins prononcés ; ce qui prouve que l'irritabilité diminue, et peut même disparaître dans la partie précédemment excitée. Pour obtenir le même effet, on est donc obligé de reprendre le nerf plus haut.

Enfin, on a noté que chez certains chevaux la section du sympathique ne produit pas de sueurs ; les percherons sont ceux qui présentèrent les sueurs les plus marquées.

Exp. (30 avril 1854). — Cheval blanc, de race percheronne.

1° On découvrit l'artère faciale des deux côtés pour y appliquer le manomètre. On trouva : Côté gauche, bout périphérique, pression, 110 millimètres ; oscillations, 40 millimètres, avec 60 pulsations par minute.

Côté droit, bout périphérique : Pression, 110-120-110 millimètres ; oscillations, 40 millimètres.

2° A 3 heures 12 minutes on chercha à couper le

sympathique; mais on le tirailla et le pneumogastrique fut blessé en même temps.

La chaleur augmenta beaucoup à droite.

3° On reprit les pressions dans l'artère faciale : à droite, bout périphérique : pression, 80 millimètres; oscillations, 10 millimètres; 72 pulsations par minute.

A gauche, bout périphérique : pression, 110 millimètres; oscillations, 30 millimètres.

4° On ressaisit le grand sympathique et on le pinça sans faire tousser l'animal. A 3 heures 22 minutes, on le coupa à droite.

5° Une minute après la section du sympathique, on reprit les pressions.

Côté droit, bout périphérique : 80 millimètres.

On galvanisa le nerf; l'animal paraissait le sentir; il toussa un peu ; la pression tomba à 60.

On acheva alors la section du pneumogastrique, qui se fit sans que l'animal toussât.

Le côté droit de la tête était couvert de sueur.

6° A 3 heures 36 minutes on reprit les pressions :

Côté droit, bout périphérique : pression, 80 millimètres; oscillations, 10 millimètres.

Côté gauche, bout périphérique : pression, 110 millimètres; oscillations, 20 millimètres.

7° A 3 heures 39 minutes, on coupa le sympathique gauche. On observait toujours dans l'artère faciale les pressions :

A gauche, bout périphérique : pression, 70; oscillations, 10; 72 pulsations par minute.

A droite, bout périphérique : pression, 70 ; oscillations, 10.

L'animal suait très fort à droite.

8° Côté gauche, bout périphérique, 50 millimètres.

On irrita le sympathique gauche ; la pression monta à 80 millimètres, fixe. On cessa la galvanisation ; la pression monta à 90, s'y maintint quelques instants, puis descendit à 60 ; il n'y avait pas d'oscillations.

9° 3 heures 55 minutes. Côté droit, bout périphérique : pression, 70 ; oscillations, 5 ; 68 pulsations par minute.

L'animal respirait difficilement. On cessa l'expérience.

Exp. On découvrit sur un chien l'artère faciale. Pour cela on sépara les muscles digastrique et masséter, et, entre la rainure qui sépare ces deux muscles, on trouva sur l'os maxillaire l'artère faciale qui monte sur la face en s'accolant au muscle digastrique. Sur le même chien, la veine faciale ayant été également mise à découvert, on coupa le pneumogastrique et le sympathique réunis du côté droit. Après cette section, la circulation fut comme arrêtée dans la veine ; quand on la comprimait, elle ne se gonflait plus entre le point comprimé et les capillaires ; quand on la coupa il coula à peine quelques gouttes de sang par les deux bouts de la veine divisée ; alors le chien fut sacrifié par la section du bulbe rachidien, et immédiatement le sang se mit à couler abondamment par le bout périphérique de la veine ; il coulait par jets et assez loin. Cet écoulement singulier dura environ 1 minute.

Exp. Sur un cochon d'Inde auquel on avait coupé le

filet cervical du grand sympathique dans la région du cou, on constata que la pupille était rétrécie, l'œil plus enfoncé et plus sensible. Quand on soufflait dans l'œil à droite et à gauche avec la même force, l'agitation de l'air faisait constamment fermer l'œil du côté où le sympathique avait été coupé, tandis qu'il n'en était pas de même de l'autre côté. On constata aussi, en regardant l'oreille par transparence, qu'elle était beaucoup plus vasculaire que celle du côté sain, comme cela a lieu chez le lapin et chez d'autres animaux.

Toutes ces expériences relatives à l'influence du système nerveux sur la circulation capillaire sont très importantes pour les théories qui règnent actuellement sur la production de la chaleur chez les animaux à sang chaud. En effet, nous voyons par elles qu'après la section du grand sympathique, la température augmente dans la partie en même temps que la pression cardiaque s'y montre plus forte, et dans ce cas, on remarque que le sang est resté rouge, tandis que lorsqu'on vient à galvaniser le grand sympathique on voit la pression diminuer, le refroidissement se manifester dans la partie et le sang devenir très noir dans la veine; de sorte qu'ici la température n'augmente pas avec le phénomène chimique de veinosité du sang, mais avec les phénomènes mécaniques de la circulation. Ces questions seront surtout importantes lorsque nous parlerons d'une théorie générale de la calorification, et lorsque nous examinerons la question de savoir si elle est liée plus directement aux phénomènes mécaniques qu'aux phénomènes chimiques qui se passent dans l'organisme.

ONZIÈME LECON.

27 JANVIER 1858.

SOMMAIRE : Couleur du sang. — Système à sang rouge et système à sang noir, artériel et veineux. — Cette distinction de couleur est trop absolue. — Couleur du sang chez le fœtus et dans différentes espèces mammifères. — Influence du sexe, de l'âge, de l'état d'hibernation, etc. — Couleur rouge du sang veineux dans la veine rénale. — Expériences.

MESSIEURS,

Nous aborderons aujourd'hui l'examen de la couleur du sang. Comme il s'agit ici surtout de l'homme, nous ne nous occuperons pas de la couleur du sang chez les animaux invertébrés.

On distingue chez l'homme le sang par sa couleur rouge, et d'après l'intensité de cette couleur, on reconnaît deux systèmes sanguins : l'un contenant un sang d'un rouge vermeil, qu'on appelle le système à sang rouge, et l'autre contenant un sang d'un rouge brun bleuâtre, qu'on appelle le système à sang noir. Ainsi, à l'état physiologique, la question de la couleur du sang se réduit donc à ces deux points. Le sang est rouge, et il y a un système de vaisseaux, le système artériel aortique, qui contient du sang vermeil, tandis qu'un autre système, le système veineux, contient un sang rouge brun. Voyons tout ce qu'on a dit à ce sujet et ce qu'on sait de positif à cet égard.

Un premier point, sur lequel n'existe aucun doute, c'est

que la coloration rouge du sang réside dans les globules. Quant à la question de savoir quelle est la cause qui donne à ces globules, tantôt une couleur vermeille, tantôt une couleur brune, nous devons la rechercher d'abord en observant les cas dans lesquels ces variations de couleur se manifestent.

Le premier fait sur lequel la science paraît aujourd'hui fixée, c'est que cette différence de coloration des deux sangs est due à l'influence du système capillaire, soit pulmonaire, soit général. Il est dit partout, et cela ne paraît pas souffrir de difficulté, que chez l'homme et chez les animaux à respiration complète, le sang prend une couleur plus foncée en passant des artères dans les veines et une couleur plus claire en passant des veines dans les artères; de telle sorte que le sang rouge se trouve après le poumon dans les artères; le sang noir se trouve après le tissu des capillaires généraux dans les veines. Cette distinction paraît tellement établie que l'on dit indifféremment et comme synonyme : système artériel ou système à sang rouge, système veineux ou système à sang noir.

On a été, et c'est surtout dans les ouvrages de Bichat que ces vues sont développées, jusqu'a établir une sorte d'antagonisme de propriétés entre le sang noir et le sang rouge, montrant dans le premier une action déprimante sur toutes les fonctions, dont l'énergie était au contraire sollicitée par l'afflux dans les organes du sang vivifiant, du sang artériel.

Cependant, nous pensons que cette distinction, fondée sur la coloration du sang, est loin d'être aussi absolue et

d'avoir la signification qu'on a voulu lui donner, en supposant que le sang rouge est un sang doué de certaines propriétés et que le sang noir est doué de propriétés toutes différentes.

La chimie ne nous apprend pas encore grand'chose relativement à la distinction des sangs; cherchons donc dans un autre ordre d'idées quelles sont entre ces deux manières d'être du sang les analogies et les dissemblances. D'abord nous devons rectifier une erreur qui est généralement répandue et qui se rapporte à la couleur du sang chez le fœtus. Beaucoup de personnes s'imaginent que dans la vie embryonnaire il existe les deux systèmes à sang noir et à sang rouge, et même, dans des ouvrages d'anatomie très recommandables, on représente, pour plus de clarté sans doute, un système à sang rouge et un système à sang noir chez le fœtus, systèmes disposés différemment sans doute à cause de la circulation placentaire, et dont le système capillaire jouerait le rôle du système capillaire pulmonaire. Il n'en est rien; chez le fœtus des mammifères, il n'y a pas, quant à la couleur, du sang artériel et du sang veineux; le sang offre partout une coloration uniforme. Il retourne au placenta par l'artère ombilicale avec la couleur qu'il avait lorsqu'il en est sorti par les veines ombilicales. Chez le fœtus de l'oiseau, la même chose a lieu : le sang des veines et des artères présente à peu près la même coloration. Sa coloration peut-être est plus foncée ou plus claire que celle du sang artériel ou veineux.

Ce n'est qu'après la naissance que cette différence signalée dans sa coloration commence à s'établir; mais

chez l'adulte lui-même, ce caractère différentiel n'est pas absolu. Vous verrez des variétés infinies dans la coloration du sang veineux.

On a fait une foule d'observations sur la coloration que le sang pouvait présenter dans différents états et chez différents animaux mammifères. On a dit, par exemple, que le sang du bœuf, le sang du lièvre, le sang du cerf, du cheval, et surtout celui du cochon, sont plus foncés que le sang de l'homme. On a dit qu'au contraire le sang du mouton, celui du chat et celui de la chèvre étaient plus clairs que celui de l'homme et que celui de la chèvre était le plus clair de tous les mammifères. On a dit enfin que le chien avait un sang d'une couleur semblable à celui de l'homme, et qu'en général, les oiseaux avaient le sang le plus rouge de tous les vertébrés.

Relativement aux différents états organiques, on a dit que le sang était plus rouge dans les premiers temps de la vie embryonnaire chez les oiseaux, les reptiles et les poissons; que chez l'homme et chez les mammifères, au contraire, le sang était plus brun et conservait cette teinte foncée pendant les premiers temps après la naissance. On a dit que, dans la jeunesse, et surtout à l'époque de la puberté, le sang était d'un beau rouge, tandis que dans un âge plus avancé ce liquide devenait plus sombre. On a attribué au sang des femmes une couleur plus claire que celui des hommes, excepté pendant la grossesse, où il deviendrait plus noir. Enfin, on a exprimé cette proposition, que plus un homme est pléthorique et robuste, plus son sang est noir. Chez les

hommes flegmatiques, délicats, d'une organisation appauvrie, le sang est blafard et clair. Dans la syncope, Hunter, le premier, signala que le sang est d'un rouge plus clair. On a dit que le sang était d'autant plus foncé qu'il circulait plus lentement dans le corps ; que, par conséquent, la vie sédentaire, le repos, rendaient le sang plus noir, tandis que le mouvement, la température élevée, les bains chauds, rendaient le sang plus clair ; enfin, toute cause qui gêne la respiration rendrait le sang plus noir, et le sang serait d'autant plus rouge que la respiration serait elle-même plus active. Cependant on a été surpris que chez les animaux hibernants le sang fût plus rouge, quoique chez eux la respiration soit considérablement ralentie. J'insiste aujourd'hui sur ce phénomène tout à fait imprévu, et j'espère plus tard pouvoir vous en donner l'explication.

Je crois, en somme, qu'il convient de n'attacher qu'une importance médiocre aux caractères qu'on pourrait être tenté de tirer de ces différences de coloration. Elles tiennent certainement aux modifications qu'éprouvent certains phénomènes chimiques sur lesquels le système nerveux exerce une influence considérable, et nous devons surtout rechercher à quelles conditions physiologiques répond chacune d'elles.

Enfin, messieurs, ne nous attachant plus à des caractères nets et précis, mais ne recherchant dans la coloration qu'une indication relative, sera-t-il exact d'affirmer que le sang veineux est toujours noir et le sang artériel rouge ? — Cette proposition elle-même ne serait pas exacte ; des observations répétées me l'ont démontré.

Il y a quatorze ou quinze ans, faisant des expériences sur l'élimination du prussiate de potasse par le rein, et voulant rechercher si tout le prussiate de potasse apporté par l'artère passait dans l'urine, s'il n'en revenait pas par la veine, j'avais été conduit à mettre à découvert l'artère et la veine rénale. Je fus dès lors frappé de la couleur du sang contenu dans ces vaisseaux. A travers leurs parois, le sang de la veine me parut aussi rouge que le sang de l'artère. Cette coloration, qui me semblait singulière, pouvait-elle être attribuée à l'aération du sang à travers les parois du vaisseau, l'abdomen étant ouvert? — Je dus renoncer à cette idée en ne voyant pas la coloration se produire lentement, mais le sang se montrer aussi rouge au moment même de l'ouverture de l'abdomen, que plus tard après son exposition à l'air. Une autre raison m'empêcha de m'arrêter à cette explication : l'abdomen étant largement ouvert, en examinant les veines rénales et leur abouchement dans la veine cave inférieure, on avait sous les yeux à la fois du sang rouge et du sang noir. Au-dessous des veines rénales, le sang de la veine cave est noir; un peu plus haut, lorsqu'il a reçu le sang rutilant de la veine rénale gauche, il est déjà moins noir et d'une teinte manifestement plus rouge. Sa coloration est encore plus claire un peu au-dessus, alors qu'il a reçu le sang rouge de la veine rénale droite. A travers les parois minces des veines, on peut suivre dans la veine cave la trace rouge du sang venu des veines rénales, qui tout d'abord ne se mélange pas parfaitement au sang qui vient des membres pelviens. Bien plus, cette différence de coloration

peut s'observer dans la veine rénale, où l'on peut suivre un petit filet noir formé par le sang d'une petite veinule qui vient s'y jeter arrivant des muscles psoas.

Aucune vue *a priori* ne m'avait conduit à la constatation de ce fait que j'avais reconnu sans le chercher, n'ayant aucune raison de suspecter l'exactitude de la proposition universellement admise, qui voulait que seul le sang artériel fût rutilant. Depuis cette époque, j'ai souvent constaté la coloratien rouge du sang des veines rénales. Nous devons en conclure que la coloration vermeille du sang n'est pas un caractère qui permette toujours de distinguer le sang veineux du sang artériel.

Dans les études physiologiques, il faut toujours recueillir avec soin un fait qui se trouve en désaccord avec les idées reçues. C'est toujours de l'examen et de la discussion de ce fait exceptionnel que sortira la découverte, s'il y en a une à faire. Nous nous attacherons donc à ce fait que je viens de vous signaler ; nous nous demanderons pourquoi le sang est rouge dans la veine rénale, et verrons que le rein est le siége de phénomènes particuliers qui peuvent en rendre compte. Ces faits me conduiront ensuite à vous exposer par quelle série d'observations et d'inductions j'ai été amené à généraliser ce phénomène et à le rattacher à une influence nerveuse.

Déjà le sang veineux avait été trouvé rutilant dans certains états pathologiques, dans des fièvres typhoïdes notamment. Nous rechercherons, d'après ce qui s'observe à l'état physiologique dans le rein, à quelles con-

ditions organiqnes répond cette coloration rouge du sang veineux.

Voici dans ces deux tubes du sang recueilli sur un lapin dans la veine cave au-dessous et au-dessus de l'abouchement des veines rénales. Bien que ce sang ait été exposé à l'air, vous pouvez voir que celui-ci, recueilli au-dessus des veines rénales, est d'une couleur manifestement plus claire.

Quoique déjà dans beaucoup d'expériences faites sur la température des vaisseaux abdominaux nous ayons eu l'occasion de constater la couleur rutilante du sang des veines rénales, je vous rapporterai cependant les deux expériences qui, en 1845, m'ont rendu pour la première fois témoin de ce phénomène.

Exp. — Sur un chien de taille moyenne et à jeun depuis vingt-quatre heures, on ingéra dans l'estomac un peu de lait contenant du prussiate jaune de potasse.

Une heure et demie après, on ouvrit l'abdomen de l'animal et on ne vit pas de vaisseaux chylifères remplis de chyle. Alors on fit l'expérience suivante :

On lia l'artère rénale gauche. On lia ensuite la veine rénale droite. Les uretères furent liés des deux côtés; puis on injecta par la jugulaire 2 décigrammes de prussiate jaune de potasse, dissous dans 15 grammes d'eau ordinaire.

L'animal fut sacrifié dix minutes après l'injection, et on trouva que le tissu des deux reins renfermait du prussiate de potasse, c'est-à-dire devenait bleu par le persulfate de fer; mais seulement le tissu du rein droit se colorait d'une façon beaucoup plus intense par le

persulfate de fer, c'est-à-dire contenait bien évidemment beaucoup plus de prussiate de potasse que le rein gauche.

Cette expérience prouverait que le prussiate de potasse injecté était arrivé au rein par l'artère. Car, s'il en existait dans le rein gauche, du côté où l'artère était liée, c'était du prussiate qui avait été absorbé dans l'intestin avant qu'on fît l'injection. Cela est prouvé, du reste, par la présence du prussiate dans l'urine de l'animal, bien que les deux uretères eussent été liés.

Dans cette expérience, on fit les observations suivantes sur la coloration du sang :

Le sang des veines rénales était d'une couleur rouge et aussi rutilante que celle du sang artériel. Cette couleur rutilante contrastait avec la couleur noire du sang de la veine cave.

On retira dans deux tubes, d'un côté, du sang de la veine jugulaire qui était noir, de l'autre du sang de la veine rénale qui était aussi rouge que du sang artériel. Après quelques heures on examina les deux sangs qui tous deux étaient coagulés. Le caillot du sang de la veine jugulaire était ferme et son sérum était limpide et d'une couleur citrine. Le caillot du sang de la veine rénale était extrêmement mou; il avait fourni une très grande quantité de sérum limpide.

Quand on agita ce dernier tube, le sang qu'il contenait devint très rutilant et la totalité du caillot se fondit et tomba en dissolution. Il n'y avait plus que les globules qui se précipitèrent au fond du tube, tandis que

le sérum limpide surnageait. Il semblait donc y avoir extrêmement peu de fibrine dans ce sang.

On recherchа la présence du prussiate de potasse dans le sérum du sang de la veine jugulaire et dans celui de la veine rénale. Il en existait dans les deux sangs, ce qui prouve que le rein n'avait pas éliminé complétement le prussiate, puisqu'il s'en retrouvait encore dans le sang veineux.

Exp. Sur un autre chien, on répéta l'expérience précédente.

L'abdomen étant largement ouvert, on lia, en évitant de blesser les nerfs, l'artère rénale gauche et on divisa l'uretère au-dessous du rein. On isola ensuite la veine rénale droite et on passa au-dessous d'elle un fil sans la lier. Alors on injecta par la veine jugulaire 2 décigrammes de prussiate jaune de potasse, dissous dans 15 grammes d'eau. Quelques minutes après cette injection, on recueillit du sang de la veine rénale, que l'on soulevait sur un fil, de manière à empêcher le sang de la veine cave de refluer. On constata qu'il existait une quantité très notable de prussiate de potasse dans le sang de la veine rénale droite; on constata également que le tissu du rein droit contenait du prussiate de potasse et que sa coupe devenait bleue par le contact du persulfate acide de fer.

Le rein gauche ne contenait pas de traces de prussiate de potasse, et la coupe de son tissu ne se colorait nullement par le contact du persulfate acide de fer; ce qui prouvait clairement que le prussiate arrive au rein par l'artère rénale.

Toutefois, en mettant du persulfate de fer sur la membrane muqueuse de la vessie, on constata que cette membrane se colorait en bleu très visiblement, de même que la portion prostatique du canal de l'urèthre. C'est un fait dont il est difficile de donner l'explication, à moins qu'on ne suppose que les vaisseaux sanguins, contenant du prussiate de potasse, celui-ci transsudait par l'action du persulfate de fer. Ce qui rend cette explication probable, c'est que la membrane muqueuse intestinale colorait également de la même manière, à la condition toutefois d'avoir enlevé l'épithélium avant d'appliquer le persulfate de fer. L'animal était en digestion; il y avait du chyle dans ses vaisseaux lactés, et on put constater, en incisant ces vaisseaux sur le mésentère et en ajoutant une goutte de persulfate de fer au liquide chyleux qui s'en écoulait, la coloration bleue et la présence du prussiate de potasse.

Quand on ajoutait le persulfate de fer sur un vaisseau entier, la coloration pouvait également avoir lieu, parce que le liquide acide imbibait les parois du vaisseau chylifère, coagulait son contenu auquel il donnait une coloration bleue.

On fit sur ce chien les mêmes observations que sur le chien précédent, c'est-à-dire que le sang des veines rénales était très rutilant, comme le sang artériel. On observa ensuite, en sacrifiant l'animal par asphyxie, que le sang de la veine rénale était devenu noir comme celui de toutes les autres parties, lorsque la respiration avait été gênée.

L'appréciation des caractères différentiels du sang

artériel et du sang veineux est fort ancienne : elle s'est trouvée à l'ordre du jour dès que la circulation fut découverte. A cette époque, deux opinions opposées furent émises : les uns, et Harvey était du nombre, prétendirent que le sang veineux ne différait pas essentiellement du sang artériel, que c'était le même liquide qui des artères passait dans les veines; et on trouvait dans cette identité des liquides qui circulaient dans les systèmes veineux et artériel un argument confirmatif de la loi posée par Harvey. Les autres, les opposants, soutenaient, au contraire, que ces deux liquides différaient essentiellement; et ils trouvaient là une raison de nier la communication des systèmes artériel et veineux. Aujourd'hui tout le monde se rallie à une opinion qui tient le milieu entre ces deux vues exclusives; on reconnaît que le sang artériel et le sang veineux offrent la même composition fondamentale, et qu'en même temps, ils offrent quelques différences surtout dans la coloration; je ne parle pas encore des proportions de gaz oxygène et acide carbonique qu'ils renferment.

Je vous ai dit déjà souvent que cette proposition, *le sang veineux est toujours du sang noir*, ne devait pas être acceptée d'une manière absolue; qu'il y a des conditions particulières dans lesquelles le sang artériel est noir et le sang veineux rouge. Je m'arrêterai sur ces conditions, dont l'étude nous fournira d'intéressantes considérations de physiologie générale.

Les expériences que nous ferons ne tendront nullement à établir que le sang ne devient pas rutilant en traversant le poumon; mais seulement qu'il existe des

conditions non encore déterminées, dans lesquelles l'apparition de cette coloration peut ne pas se manifester.

Et d'abord, je vous ai dit qu'il est un sang veineux que, dans les conditions normales, on trouve toujours rouge : c'est le sang de la veine rénale. Je vais en terminant vous le montrer ici.

L'observation doit être faite sur un animal vivant. En effet, plusieurs chimistes, Simon, Lehmann, ont fait des analyses du sang de la veine rénale et n'ont pas remarqué sa coloration rouge. A quoi cela tient-il? — A ce qu'ils ont fait l'expérience sur des animaux morts, sur des chevaux assommés.

Sur ce lapin, je vais prendre du sang de la veine jugulaire et du sang de l'artère carotide; la comparaison vous montrera qne le premier est noir et le second rouge. Ouvrant maintenant l'abdomen et mettant à nu la veine cave inférieure au niveau des points où elle reçoit les veines rénales, nous voyons immédiatement à travers les parois de ces vaisseaux, les différences de coloration que je vous ai indiquées : le sang de la partie inférieure de la veine cave est noir, il l'est un peu moins au-dessus de la veine rénale gauche dont il a reçu le sang rouge, et un peu moins encore au-dessus de la veine rénale droite. Il faut avoir soin, dans cette expérience, de ne pas gêner la respiration de l'animal. Le sang veineux des veines rénales est donc rouge, d'un rouge plus ou moins vif, suivant certaines eirconstances que je vous indiquerai : voilà un premier fait.

Il est d'autres cas dans lesquels le sang veineux présente des colorations diverses. Ces autres circonstances.

qui peuvent exercer sur la couleur du sang une influence quelconque, sont l'état d'abstinence et de digestion, de veille, de repos, de mouvement, etc. Sa couleur, généralement plus foncée pendant la digestion, devient plus claire lorsque l'animal est à jeun; c'est ce dont on peut se convaincre en comparant entre eux le sang artériel et le sang veineux aux différentes périodes de l'acte digestif.

Ces différences relatives à l'état de digestion ou d'abstinence, s'observent chez tous les animaux, herbivores ou carnivores. Vous pouvez le voir en comparant ces deux tubes, contenant l'un du sang pris à la veine crurale d'un chien à jeun, l'autre du sang pris à la même veine chez un chien en digestion. Voici, comme termes de comparaison, deux autres tubes contenant du sang veineux de lapin à jeun et en digestion.

Le moment de la saignée où l'on retire le sang exerce encore une influence sur sa coloration. Le sang veineux retiré le dernier est plus rouge que celui qu'on a extrait d'abord. Il en est de même pour le sang artériel. Quand on fait mourir un animal d'hémorrhagie par expérience, le sang retiré le premier est moins rutilant que le dernier recueilli, lorsque l'animal est mourant; et, chose singulière, le sang qui est recueilli le dernier prend spontanément la couleur noire plus tardivement que le premier.

DOUZIÈME LEÇON

29 JANVIER 1858.

SOMMAIRE : Influence du système nerveux sur la coloration du sang. — Influence d'une lésion produisant la paralysie d'une partie des centres nerveux. — Influence de la section du filet cervical du grand sympathique. — De la vénosité produite par la compression de la trachée. — Des actions nerveuses dans les phénomènes chimiques. — Mécanisme. — Expérience.

MESSIEURS,

Je vous ai parlé dans la dernière leçon de la distinction classique du sang en sang rouge et noir artériel ou veineux, vous signalant que ce n'est pas seulement après l'appareil respiratoire qu'on peut trouver normalement du sang veineux rouge.

Une autre influence remarquable exerce sur la coloration du sang une action très importante, je veux parler de l'influence du système nerveux sur le mécanisme de laquelle j'insisterai spécialement. L'intervention du système nerveux est capable de déterminer, en effet, la coloration noire ou rutilante du sang.

Quand on paralyse une partie du corps, on voit le sang y devenir rouge, à la condition toutefois, que la cause de la paralysie porte sur le centre nerveux. C'est ainsi que chez ce lapin, auquel nous avons coupé depuis quelque temps la moelle à la partie supérieure de la région dorsale, le sang artériel ne se change plus en sang veineux dans les parties inférieures à la section;

ce liquide est rouge dans les veines comme dans les artères. En ouvrant l'abdomen, nous voyons en effet que la veine porte et la veine cave sont rouges; qu'elles n'offrent plus de différence avec les artères quant à la couleur du sang; ce résultat est ici très sensible pour les vaisseaux ovariques par exemple. Voilà donc, suivant que la moelle est intacte ou suivant qu'elle est coupée, une différence très remarquable. En même temps, la température du lapin a baissé, ce dont on peut se convaincre en prenant la température dans le rectum. En suivant l'ordre de production des manifestations qui nous occupent, on voit que le sang ne devient pas rouge en même temps dans toutes les veines. La veine rénale contient comme à l'ordinaire du sang rouge, quoique ici l'animal n'urine plus; elle n'a fait, dans ce cas, que conserver sa coloration normale. La veine porte est la première dont le sang devienne rouge; puis les veines du testicule, de l'ovaire; ensuite les veines de la peau; les veines des muscles sont les dernières dont la coloration se trouve changée par la section de la moelle. Pour constater ces effets, il faut attendre quelquefois huit ou dix heures, pour que l'animal soit suffisamment refroidi.

Voilà donc une opération qui exerce sur la coloration du sang une influence très grande; nous verrons plus tard comment la coloration rouge du sang veineux dans ces conditions peut être expliquée.

Mais permettez-moi d'abord de vous rappeler une expérience que j'ai répétée il y a longtemps déjà, en 1854, devant plusieurs savants allemands, et dont les résultats

se trouvent consignés dans la Physiologie de Ludwig, publiée en 1856 (t. II, p. 350).

Ayant fait la section d'un des filets du grand sympathique dans la région moyenne du cou chez des chevaux, j'examinai quelles différences de couleur et de propriétés pouvait offrir le sang dans les organes. Le filet du sympathique étant mis à découvert, on faisait une première saignée de la jugulaire; cette saignée donnait un sang noir. Après la section du filet sympathique, on faisait une nouvelle saignée de la jugulaire; le sang y était devenu rouge; le changement de couleur avait été immédiat. Comparant à ce moment le sang des deux veines jugulaires, on le trouvait de colorations différentes : il était devenu rouge du côté où le sympathique avait été coupé, il était resté noir du côté opposé.

Si ensuite on venait à galvaniser le bout supérieur du nerf coupé, le sang coulait de nouveau noir par la veine jugulaire correspondante, pour y redevenir rouge dès qu'on cessait la galvanisation.

Pour faire cette expérience, il est nécessaire d'opérer sur un animal volumineux. Le lapin est trop petit; un gros chien pourrait suffire; mais, chez le chien, le pneumogastrique est uni au sympathique et dès lors la section portant à la fois sur les deux nerfs compliquerait l'observation de phénomènes étrangers appartenant à la lésion produite dans les fonctions respiratoires. C'est sur le cheval que j'ai fait cette expérience, et c'est sur cet animal qu'elle est le plus facile et le plus nette.

La différence de coloration du sang artériel et du sang veineux, dans les conditions normales, est sur-

tout en rapport avec l'intégrité des phénomènes respiratoires, peut donc aussi se rattacher à des causes en apparence d'un tout autre ordre : l'action nerveuse semble en effet différer essentiellement de l'influence de l'oxygène, et pourtant nous venons de voir que la coloration rouge et la coloration noire du sang peuvent être produites à volonté, en agissant sur le système nerveux.

Les phénomènes qui se sont produits dans l'expérience que je viens de vous rappeler sont, Messieurs, sous quelques rapports, les mêmes que ceux dont vous avez été témoins chez ce lapin auquel nous avons coupé la moelle; si nous la galvanisions, le sang redeviendrait noir dans les veines pour y reprendre la coloration rouge lorsque la galvanisation cesserait.

Ces faits nous montrent donc, je vous le répète, que les phénomènes de la coloration du sang ne sont pas comme on le pensait liés exclusivement à l'accomplissement de deux seules actions capillaires, la fonction pulmonaire et les tissus généraux, mais qu'ils varient sous l'influence des actions nerveuses.

Ce qui n'empêche pas, d'ailleurs, d'admettre que les différences qui s'observent dans la coloration du sang puissent être dues uniquement à la présence dans ce liquide de certaines proportions d'oxygène ou d'acide carbonique.

Lorsqu'on met à nu la carotide d'un animal et qu'on lui comprime ensuite la trachée, le sang devient noir dans la carotide. Pourquoi? — Parce que l'oxygène n'est plus pris par le poumon et que l'acide carbonique n'est

plus expulsé. Cette explication si bien en rapport avec toutes les idées reçues, ne paraît cependant pas s'appliquer à tous les cas. Elle ne rend pas compte, notamment, des observations dans lesquelles la coloration rouge du sang coïncide avec un ralentissement de la circulation. D'une autre part, quand on comprime la trachée, le sang devient noir dans les artères immédiatement, si rapidement qu'il paraît difficile d'admettre que de l'acide carbonique ait pu se former, circuler et venir y manifester l'influence qu'on lui assigne.

Une autre raison qui semblerait encore devoir empêcher d'accepter cette explication, c'est qu'il est des circonstances dans lesquelles l'asphyxie peut n'avoir pas pour effet de rendre noir le sang veineux. Chez ce lapin qui a la moelle coupée, on peut comprimer la trachée; le sang reste rouge. Ce n'est que beaucoup plus tard, lorsqu'il sera asphyxié, que le sang deviendra noir partout. Or, Messieurs, il faut ici tenir grand compte de la vigueur et de la température de l'animal : dans l'asphysie, le sang devient noir surtout en raison des forces musculaires; il devient noir seulement dans la partie qui est le siége de l'effort. C'est ce qu'on peut voir chez cet animal où l'asphyxie ne rend pas le sang noir tout de suite partout, mais seulement dans les parties qui ayant conservé leur faculté motrice, réagissent par des efforts contre l'action qui empêche l'accès de l'air dans le poumon. Nous verrons que lorsque l'animal est sain et vigoureux, tout son système musculaire fournit du sang veineux noir qui peut passer dans le système artériel sans avoir perdu son acide carbonique. Il y a donc dans

la coloration que prend le sang pendant la suffocation, quelque chose qui n'est pas encore suffisamment expliqué.

Maintenant, comment comprendre l'intervention du système nerveux dans un phénomène chimique? C'est difficile, et il me paraît nécessaire de faire intervenir une action physique intermédiaire influençant le phénomène chimique non immédiatement, mais indirectement, par des modifications amenées dans les conditions mécaniques de la production. On m'a cependant, à ce sujet, reproché de tendre trop vers un vitalisme obscur; il est évident qu'en formulant cette accusation on ne tenait pas compte de la portée des phénomènes et de l'influence qu'ils exercent les uns sur les autres chez les êtres vivants. Ma pensée n'a jamais été de supprimer les phénomènes physiques ou chimiques, j'ai voulu seulement tenir compte des conditions dans lesquelles ils se produisent chez les êtres vivants, et j'ai vu que, pour qu'un phénomène chimique se produisît, il fallait qu'un phénomène mécanique ou physique mît en rapport les éléments qui devaient réagir; quant à ce phénomène physique ou moteur, personne ne niera la dépendance dans laquelle le tient le système nerveux.

Ces considérations m'amènent à examiner où et comment se fait la coloration noire, qui, de sang artériel, le constitue généralement à l'état de sang veineux.

On sait que la couleur du sang réside dans les globules. Faut-il en conclure que lorsqu'il intervient pour donner au sang une teinte plus noire, le système ner-

veux agit sur les globules? — Eh bien! non, le système nerveux agit tout autrement, et nous montrerons que les modifications qu'il amène dans la constitution de ce liquide peuvent porter spécialement sur le sérum, et seulement par son intermédiaire sur les globules.

Voici comment on le prouve :

Si l'on prend du sang de la veine jugulaire et du sang de la veine rénale, tous deux se coagulent, donnent un caillot que surnage une certaine quantité de sérum. Qu'ensuite on divise les caillots et le sérum pour mettre successivement chacun des caillots en présence du sérum de ces deux provenances, on obtiendra à ces contacts des résultats tout différents. On voit alors que quel que soit le caillot sur lequel on opère, il reste ou devient rouge dans le sérum de la veine rénale, tandis qu'il devient ou reste noir dans le sérum de la veine jugulaire. On a ainsi un caillot noir dans le sérum qui fait le sang noir et un caillot rouge dans le sérum qui fait le sang rouge.

On sait parfaitement que la coloration ne peut être modifiée par des agents chimiques, l'action du système nerveux ne peut dans ce cas produire le résultat que nous lui avons reconnu qu'en agissant sur les tissus pour modifier les échanges. Ces échanges s'accomplissent nécessairement dans un des temps du double mouvement de la nutrition de ces tissus, lorsqu'ils abandonnent une partie de leurs éléments pour en fixer de nouveaux. Toute modification dans la nature de cet échange amènera un changement dans la constitution du sang qui abandonne l'organe, d'où changement pos-

sible de la coloration. C'est indirectement et par son influence sur le premier de ces actes organiques, sur l'expulsion interstitielle, que le système nerveux peut modifier la composition de la partie liquide du sang, du sérum, qui, à son tour, détermine la coloration foncée ou rutilante des globules.

La question que nous nous étions posée tout à l'heure se trouvera donc ramenée à ces nouveaux termes : *Rechercher dans le sérum quelles modifications y apporte l'influence nerveuse.*

Voici une série d'expériences dans lesquelles le sang a présenté des colorations variées que nous donnons comme des exemples du plus grand nombre de conditions qui peuvent faire varier la coloration du sang, en attendant que nous puissions faire rentrer tous ces cas dans une explication commune.

Exp. — Un gros chien fut sacrifié par l'ouverture de la poitrine, puis par la ligature du cœur pour arrêter la circulation. On retira le sang dans l'ordre suivant :

1° *De la veine splénique*, au point où elle s'abouche dans la veine porte. (La veine porte n'avait pas été liée lors de l'éventration.)

Après quatre heures ce sang était bien coagulé. Le sérum séparé était limpide, légèrement rosé, alcalin; par le tartrate de cuivre dissous dans la potasse, il donnait une réduction nette; le caillot était noir et avait rougi faiblement à sa surface; une partie du caillot, agitée dans un tube, se brisa difficilement et ne rougit que faiblement.

2° *Sang de la veine rénale gauche.* Examiné après

quatre heures, il était coagulé et avait rougi faiblement à sa surface. Le sérum était clair, alcalin, ne donnant pas trace de réduction par le liquide cupro-potassique; agité à l'air, le caillot se brisa avec une grande facilité et rougit faiblement.

3° *Sang de la veine porte non liée.*

Après quatre heures : caillot mou, noir, n'avait pas rougi à la surface; sérum abondant, alcalin, contenant beaucoup de sucre; le caillot, très mou, devint liquide par l'agitation et ne rougit pas à l'air.

4° *Sang de la veine cave inférieure* au niveau des veines sus-hépatiques.

Après quatre heures : sérum très abondant, légèrement rosé, alcalin, réduisant très abondamment le liquide cupro-potassique; le caillot, noir, était bien rouge à sa surface.

5° *Sang du ventricule droit.*

Après quatre heures : sérum clair, contenant beaucoup de sucre; caillot rouge à la surface.

En examinant comparativement ces différents sangs au point de vue de la fermeté du caillot, de la quantité de sucre qu'ils contenaient et de leur couleur, on arriva à cette conclusion que : 1° Le sang retiré de la veine cave inférieure au niveau des veines sus-hépatiques, en exprimant le tissu du foie, était celui qui présentait le caillot le plus ferme; 2° venait ensuite le sang des ventricules du cœur, puis le sang de la rate et de la veine porte, et enfin le sang des veines rénales, qui était le plus diffluent de tous.

Relativement à la quantité de sucre que renfermaient

ces échantillons de sang, celui retiré de la veine cave inférieure, au niveau du foie, en présentait la plus forte proportion, puis ensuite celui du ventricule droit, puis le sang de la veine porte; le sang de la veine rénale n'en présentait pas de trace. Relativement au sucre trouvé dans la veine porte, il faut remarquer que sa présence était due au défaut de ligature de ce vaisseau à son entrée dans le foie.

Relativement à sa couleur, au moment où il fut retiré des vaisseaux, le sang était noir partout, car l'animal était mort par asphyxie. Après avoir laissé séparer le sérum et agitant ensuite à l'air le caillot privé de sérum, il redevenait peu rutilant. Mais, quand on ajoutait successivement chacun des sérums aux différents caillots, on voyait que les sérums donnaient aux caillots la propriété de devenir rutilants, mais à des degrés différents.

Ainsi, le sérum du sang de la veine rénale favorisait plus que tout autre cette coloration rutilante.

Les caillots, ainsi devenus rutilants par l'agitation avec leur sérum respectif, perdaient peu à peu leur couleur rouge pour redevenir noirs, surtout lorsqu'on les exposait au soleil; il arrivait alors que le liquide prenait une couleur noire ou gris terne, suivant la quantité des globules que contenait le sérum. Mais on observa que le sang de la veine rénale perdait beaucoup plus lentement que les autres sa couleur rutilante, pour la reprendre plus vite lorsqu'on l'agitait de nouveau à l'air. Cette propriété de rendre le sang rutilant semblerait donc résider dans le sérum et non dans les globules; ce qui le prouverait, c'est qu'en ajoutant du sérum bien

limpide de la veine rénale à un caillot venant d'un autre sang, ce caillot prenait une couleur rutilante tout à fait semblable à celle du sang qui provenait de la veine rénale elle-même.

Une autre particularité intéressante, c'est que le sérum de la veine rénale ne sembla pas dissoudre les globules à la longue, comme celui des autres sangs.

Il serait intéressant de savoir si les chiens auxquels on a enlevé les reins, ont le sang plus rouge ou plus noir dans les artères. Voici maintenant d'autres expériences sur la couleur du sang :

Exp.—Sur un jeune chien, on fit l'amputation de tous les tissus de la cuisse, en laissant seulement l'artère et la veine. On constata que la circulation continuait, et que le sang circulait rouge dans l'artère et noir dans la veine malgré la section des nerfs.

On a observé ce phénomène pendant dix minutes environ; puis on empoisonna l'animal en mettant de l'acide prussique dans la partie du membre qui ne tenait plus au corps que par l'artère et la veine.

Cette expérience ne s'accorderait pas avec celles citées par divers observateurs, dans lesquelles on aurait constaté que le sang était devenu rouge dans la veine après la section des nerfs. Cela dépendait d'autres conditions encore. Dans une autre expérience, nous avons déjà vu qu'après la section de tout le plexus brachial chez un chien, le sang avait été trouvé rouge dans l'artère et noir dans la veine, un mois environ après l'opération, lorsqu'on sacrifia l'animal.

Toutefois, lorsqu'on coupe la moelle épinière, le sang

devient rouge dans les veines au bout d'un certain temps, surtout quand les animaux sont à jeun.

Exp. — Sur un lapin qui avait été piqué au plancher du quatrième ventricule et qui se trouvait à jeun avec des urines acides, j'ai constaté que le sang de l'artère carotide était noir, presque comme celui de la veine, quoique l'animal ne parût pas éprouver de gêne dans la respiration.

Ce phénomène n'a pas été obtenu chez les autres lapins qui avaient subi la même opération, mais qui se trouvaient en digestion. Il faut se borner pour le moment à signaler ce fait sans pouvoir l'expliquer.

Exp. — Un lapin qui avait été enduit avec de l'huile à six heures et quart du matin, était mort à six heures du soir, c'est-à-dire environ douze heures après. L'animal s'était refroidi peu à peu, puis il était tombé sur le côté; lorsqu'on l'examina, il était presque mourant. Sa température, dans le rectum, était de 24 degrés, la température ambiante étant de 16 degrés. En incisant la peau et en la soulevant, on remarquait que les veines superficielles contenaient du sang qui était très rutilant. Ces vaisseaux superficiels étaient presque vides, tandis que les artères carotides étaient pleines. Mais on n'y sentait pas de battements au doigt; on n'en voyait pas non plus à l'œil. Le cœur semblait arrêté ainsi que la circulation; le sang, d'ailleurs, était très rutilant dans les artères carotides. On n'avait donc aucun des symptômes de l'asphyxie, comme cela a été dit. Le lapin respirait encore très librement vers la fin de sa vie.

L'autopsie ayant été faite, les poumons étaient par-

faitement sains; la mort ne pouvait par conséquent pas être attribuée à l'asphyxie; elle semblait être bien plutôt la conséquence d'un arrêt de la circulation.

Cette coloration rouge du sang dans les veines était probablement liée à l'abaissement de température de l'animal, car on constate également que chez les animaux que l'on refroidit artificiellement en les plaçant dans de la glace, le sang cesse de revenir noir par les veines.

TREIZIÈME LEÇON.

3 FÉVRIER 1858.

SOMMAIRE : Examen comparatif du sang artériel et du sang veineux. — Influence du système nerveux sur la coloration du sang. — En quoi consiste la vénosité ? — De la capacité d'absorption d'oxygène par les différents sangs veineux ; par le sang veineux et le sang artériel. — Action du système nerveux sur ce phénomène. — Explications d'observations anciennes. — Influence de la digestion et de l'état d'hibernation sur l'absorption de l'oxygène par le sang. — Relation qui existe entre les actes nerveux et les phénomènes chimiques qui se passent chez les êtres vivants.

MESSIEURS,

Nous continuerons aujourd'hui l'examen comparatif des sangs artériel et veineux, question fondamentale en physiologie et en médecine. Recherchant sous la dépendance de quelles influences pouvaient être placées les modifications de coloration du sang, nous avons dû nous appliquer à vous signaler les dérogations à une loi admise comme générale. C'est, en effet, surtout en recherchant dans quel sens doit être modifiée une proposition pour répondre à tous les faits qu'elle devrait embrasser, que l'on a chance d'ouvrir à une question des horizons nouveaux. Tenir compte de tous les faits, modifier sans cesse les vues théoriques de manière à les maintenir en rapport avec les exigences des données positives dont la science s'enrichit chaque jour : tel nous paraît être le programme d'un enseignement sérieusement attaché au

Un premier fait, celui de la coloration rouge du sang de la veine rénale, est venu nous montrer que la distinction du sang en sang noir ou en sang rouge, suivant qu'il appartient au système veineux ou au système artériel, n'est pas un caractère suffisamment général pour être conservé. D'autres caractères que la coloration viennent encore établir une différence entre le sang de la veine rénale et celui des autres parties du système veineux; nous les examinerons en leur lieu. Jusqu'ici nous nous sommes surtout attaché à vous montrer que la couleur du sang peut être modifiée par l'action du système nerveux. Cette question est pleine d'intérêt, parce que partout dans l'organisme se montre cette action réciproque des phénomènes chimiques et des phénomènes de l'innervation, et qu'il est indispensable d'en tenir compte si l'on veut se faire une idée exacte de la portée et de l'aspect général des phénomènes de la vie.

Recherchant dans l'examen des faits quels pouvaient être les rapports qui tiennent dans cette dépendance mutuelle les actes chimiques et les phénomènes nerveux, nous vous avons montré :

1° Que lorsque l'on coupe la moelle épinière d'un lapin à la partie supérieure de la région dorsale, le sang veineux devient rouge dans les parties qui reçoivent leurs nerfs de la portion de la moelle séparée de l'encéphale.

Voilà donc déjà une première influence qui met obstacle à la transformation du sang artériel en sang veineux, quant à la couleur au moins.

2° Dans une autre expérience, nous avons été plus loin; nous avons circonscrit le champ ouvert à nos investigations, dans une partie limitée du système nerveux. Lorsqu'en effet nous avons coupé le grand sympathique dans la région cervicale, outre les phénomènes de vascularisation et de calorification que j'ai autrefois signalés et qui sont très apparents chez ce lapin, il y en a de très remarquables relatifs à la couleur du sang.

Nous vous avons déjà dit que si, opérant sur un cheval, on coupe d'un côté le filet cervical du grand sympathique, qu'on recueille du sang qui revient par les veines de ce côté, et qu'on le compare au sang veineux du côté opposé, on voit que ce dernier est resté noir, tandis que l'autre présente la couleur rouge du sang artériel. Voilà donc un nerf dont la section empêche également le sang de devenir veineux; de plus, il paraît spécial, car nous savons que cet effet ne s'observe ni après la section du facial, nerf moteur, ni après celle de la cinquième paire, nerf sensitif. Si pendant l'expérience, on galvanise le bout céphalique du sympathique coupé, le sang redevient noir et présente l'aspect du sang veineux. Ces modifications ne sauraient être la conséquence d'un trouble général, car l'opération n'amène aucun trouble chez les chevaux sur lesquels nous l'avons pratiquée. Cette expérience paraissant très propre à nous montrer l'influence des phénomènes nerveux sur les actes chimiques, nous l'avons répétée depuis la dernière leçon. Je vous signalerai tout à l'heure les résultats qu'elle nous a donnés.

Jusqu'ici nous devons conclure que la vénosité est

sous la dépendance du grand sympathique. Mais en quoi consiste la vénosité ? Comment la caractériser chimiquement et physiologiquement ?

Messieurs, les caractères qui appartiennent au sang veineux sont très importants ; ils se rapportent à l'aptitude qu'a ce liquide d'absorber les gaz, et spécialement l'oxygène. Le sang noir peut absorber une proportion d'oxygène beaucoup plus considérable que le sang rouge. Des expériences et des observations anciennes que nous avons vérifiées ici avaient déjà établi cela. Lorsque nous sommes revenu sur cette question, nous avons même établi que, suivant la région où on le prend, le sang veineux se comporte différemment relativement à cette absorption d'oxygène. Voici d'ailleurs des chiffres que nous a donnés une expérience faite sur un chien :

Sang de l'artère carotide ; a absorbé . .	8,9 p. 100	en volume.
— de la veine jugulaire externe . . .	16,6	—
— du cœur droit	21,1	—
— de la veine porte.	30,0	—

Ces essais faits avec de l'oxygène pur donnent des chiffres plus considérables que ceux que l'on obtiendrait en opérant avec de l'air. Toutefois ils sont comparables entre eux et nous ne leur demandons pas autre chose. C'est donc le sang de la veine porte qui de tout le sang veineux absorbe le mieux l'oxygène. Si celui du cœur droit offre un pouvoir absorbant supérieur au sang de la veine jugulaire, cela tient à ce qu'il offre un mélange dans lequel entre du sang de la veine porte.

Avant que ces faits eussent été signalés, de nom-

breuses observations avaient déjà indiqué que le sang de la veine porte est le plus noir de tous.

Quand nous avons coupé le grand sympathique, il arrive que le sang artériel traverse les tissus sans y devenir veineux; il revient artériel par les veines, bien qu'il ait traversé des tissus dans lesquels la calorification et la sensibilité soient exaltées; ce sang possède la même couleur et plusieurs autres propriétés physiologiques du sang artériel.

Exp. — Sur un chien de taille moyenne nous avons coupé d'un côté le grand sympathique dans le haut du cou, après l'avoir séparé du pneumogastrique, qui est resté intact. Je ne vous rappellerai pas ici les modifications de chaleur, de vascularisation, de coloration du sang; elles ont été ce que nous les avons toujours vues en pareil cas.

Alors on a pompé du sang dans la veine jugulaire avec une seringue; puis, la seringue pleine, on l'a fait passer sans l'exposer à l'air, sous une éprouvette placée sur la cuve à mercure et contenant de l'air. On put, après un contact prolongé, se rendre compte par l'analyse du gaz restant de ce qui avait été absorbé et exhalé par le sang.

On a ensuite galvanisé le sympathique et examiné le sang veineux recueilli pendant la galvanisation, comparativement avec le sang veineux normal. Or, les chiffres suivants qui ont été obtenus nous montrent que la coloration noire du sang est en rapport avec sa capacité d'absorption pour l'oxygène; ils montrent aussi que cette propriété a pu être modifiée par la galvanisation du sympathique.

1° L'air, qui était resté en contact avec le sang veineux normal, offrait, en centièmes, la composition :

Oxygène	17,00
Acide carbonique	1,06
Azote	81,94

Il avait perdu : oxygène, 3,80.

2° L'air qui était resté au contact du sang veineux recueilli pendant la galvanisation du sympathique, offrait, en centièmes, la composition :

Oxygène	15,86
Acide carbonique	6,68
Azote	83,46

Il avait perdu : oxygène, 4,94.

3° Quant à l'air qui avait été mis en contact avec le sang artériel, on lui trouva la composition :

Oxygène	17,64
Acide carbonique	»
Azote	82,36

Il y avait eu d'oxygène absorbé, 2,16.

Calculant ces résultats à un autre point de vue et cherchant ce qu'ont absorbé et exhalé 100 centimètres cubes de sang recueillis dans des conditions différentes, on a trouvé que le sang veineux normal a absorbé : oxygène, 5^{cc},70, et exhalé acide carbonique, 1^{cc},59.

Sang veineux après la galvanisation du sympathique : a absorbé oxygène 7^{cc},41, et exhalé acide carbonique, 1,020.

Sang artériel a absorbé oxygène 3^{cc},24, et exhalé acide carbonique, 0.

Vous voyez donc d'après cela qu'on peut modifier à volonté l'absorption de l'oxygène par le sang, par une

action exercée sur le système nerveux. De là résulte en outre que si le sang cessait de devenir veineux, c'est-à-dire noir, l'individu absorberait beaucoup moins d'oxygène.

Lorsqu'on s'est ainsi rendu compte de ce qu'est dans son essence la vénosité, on peut comprendre la raison d'un grand nombre de phénomènes signalés depuis longtemps, mais qui restaient inexplicables avec les idées théoriques ayant cours. Ces faits pourront maintenant être rattachés à des vues plus générales. Je vous signalais, dans la dernière leçon, les variétés de coloration du sang notées par Nasse dans le dictionnaire de R. Wagner: on avait vu que le sang offre chez les sujets pléthoriques une couleur plus foncée, qu'il est plus rouge chez les individus jeunes, plus noir pendant la digestion et chez les animaux bien nourris qu'à jeun, ou chez ceux qui sont soumis à l'abstinence. Je vous rappelais encore qu'on avait été frappé de voir que, chez les animaux hibernants, le sang était plus rouge pendant le sommeil hivernal que pendant le réveil.

Eh bien! Messieurs, tout cela semble s'expliquer maintenant par l'influence du système nerveux, dont la moindre énergie pendant l'hibernation, chez les jeunes sujets, durant l'abstinence, rend compte de la coloration plus rouge du sang qui n'a pu devenir veineux qu'incomplétement. Toutes les fois que nous aurons un système nerveux affaibli ou détruit, il y aura coloration plus rouge du sang et par suite absorption moindre d'oxygène. J'insiste ici sur ces observations qui sont d'autant plus intéressantes qu'elles étaient antérieures à

nos études sur la vénosité; elles viennent confirmer des vues auxquelles nous nous sommes trouvé conduit par des considérations d'un autre ordre.

D'autres preuves d'une grande valeur, fournie par les expériences de MM. Regnault et Reiset, viennent nous montrer que, en effet, les animaux à jeun absorbent moins d'oxygène que les animaux en digestion. Dans une expérience, la consommation d'oxygène par kilogramme d'animal et par heure, fut trouvée :

Chez un lapin nourri à discrétion de carottes, de 3^{gr},124; chez le même soumis à l'abstinence, de 2^{gr},518.

Un autre lapin, nourri avec des carottes, absorba 3^{gr},590; à l'abstinence, 2^{gr},731 d'oxygène.

Nous retrouvons là cette propriété d'absorber l'oxygène dans le rapport que nous avons établi avec les caractères assignés à la couleur du sang dans les mêmes circonstances.

Chez les animaux hibernants, le système nerveux est dans la torpeur, les muscles en repos et le sang est plus rouge. Le mémoire de MM. Regnault et Reiset nous montre encore que cette coloration rouge est ici en rapport avec une quantité très faible d'oxygène absorbé.

Une marmotte, incomplétement éveillée, absorba par heure 0^{gr},233 d'oxygène. Le même animal complétement engourdi n'absorba plus que 0^{gr},048. Là encore, il y a eu en même temps coloration plus rouge du sang veineux coïncidant avec une absorption moindre d'oxygène.

Il est encore d'autres états particuliers antérieure-

ment observés, sur lesquels nous devons revenir pour les expliquer.

Hunter avait vu que pendant la syncope, le sang, noir dans les veines, y devient rouge. On comprend maintenant que dans cet affaiblissement du système nerveux organique, la transformation veineuse cesse de s'effectuer, et cela en même temps que l'absorption d'oxygène est moindre. Un autre fait encore :

Depuis longtemps on a vu que le sang veineux peut devenir rouge quand on fait périr un animal par hémorrhagie. En ouvrant à la fois l'artère carotide et la veine jugulaire, sur un animal par exemple, on voit sortir le sang, rouge par l'artère, noir par la veine.

Lorsqu'un animal se refroidit, le sang veineux devient rouge; mais ce changement ne survient que lorsque l'animal étant épuisé, son système nerveux est lui-même extrêmement affaibli. Si, à ce moment, on vient à découvrir les nerfs d'un membre et qu'on les galvanise, on pourra voir le sang revenir noir par les veines de ce membre.

Ces considérations ont une grande importance au point de vue physiologique et médical. On parle souvent, en effet, des influences de l'extérieur et du moral sur l'organisme par l'intermédiaire du système nerveux; or, il faut bien comprendre le mécanisme de cette influence, et comment les manifestations dites vitales peuvent modifier les actes physiques et chimiques. C'est le système nerveux qui est l'agent essentiel de ces manifestations vitales sur lesquelles nous devons ici particulièrement insister; les phénomènes chimiques sont des

actes qui pourraient s'accomplir hors de l'organisme; chez les êtres vivants, les conditions seules de leur production sont changées; elles sont régularisées par le système nerveux.

Je vous ai montré que la proportion d'oxygène absorbée par un animal, est en rapport avec l'énergie du système nerveux qui agit sur les muscles et règle en quelque sorte l'absorption d'oxygène. Cette influence est réciproque et détermine une harmonie nécessaire entre les phénomènes nerveux et les phénomènes chimiques; c'est ainsi qu'on peut, en agissant seulement sur le système nerveux, modifier profondément et même altérer les liquides de l'organisme.

J'ai déjà insisté souvent sur le mécanisme de ces influences et je ne pourais trop m'y arrêter. Le système nerveux ne saurait être regardé comme un agent mystérieux exerçant une action qu'on doive renoncer à expliquer. Sans doute il n'agit pas directement sur les liquides, mais sur les tissus que baigne le fluide sanguin. La vie étant entretenue par un échange perpétuel entre les solides et les liquides, il est possible d'agir sur les liquides par les solides et de modifier ainsi leur constitution par des changements dans les conditions de cet échange.

Lorsque, par exemple, sur un cheval, nous coupons le sympathique et qu'ainsi nous modifions le sang, nous n'agissons pas immédiatement sur le sang, mais sur les tissus qui cessent de se prêter à l'échange qui se fait normalement entre eux et ce liquide.

Ce n'est pas seulement en étudiant le sang que nous

aurons à constater cette action du système nerveux. Elle vous a déjà été signalée à l'occasion de différentes sécrétions. A ce propos, nous vous avons déjà dit que l'action du système nerveux n'est pas variable avec chacun des effets qu'on voit se produire sous son influence. C'est une action identique, qui paraît toujours une influence motrice, qu'elle ait pour agent le système du grand sympathique ou le système cérébro-spinal. Sans doute, tous ces phénomènes sont liés à des impressions sensitives ; mais ces dernières ne sont apparentes que quand un phénomène moteur vient les manifester. L'existence isolée de la sensibilité ne pourrait se concevoir ; nous ne la considérons séparément que par abstraction, et dans tout acte nerveux, l'impression sensitive est inséparable de la réaction motrice qu'elle provoque.

Toutes les fois donc qu'on agit sur le système nerveux, on produit des phénomènes de mouvement qui, plaçant les éléments organiques dans des rapports différents, modifient leur action réciproque. Il n'y a par conséquent pas là d'action mystérieuse qui force le physiologiste d'avoir recours dans ses explications à une force insaisissable, et variable par chaque organe à fonction spéciale. Le mystère est seulement aujourd'hui de savoir comment l'influx nerveux agit sur un muscle ; toutes ses manifestations, quelle qu'en soit la variété, ne reconnaissent pas d'autre mécanisme produisant des effets différents suivant la différence des matériaux sur lesquels il opère. Dans l'état actuel des doctrines médicales cette influence nerveuse est ce qu'il y a de plus intéressant à étudier, parce que mieux que

les systèmes et les doctrines créés en vue des besoins de l'enseignement ou des disputes scolastiques, elle tend à relier la physiologie à la médecine.

Non-seulement donc, nous tiendrons compte dans nos recherches de l'influence nerveuse ; mais elle sera pour nous le fil conducteur qui servira à reconnaître et à déterminer l'influence de la vie dans des phénomènes qui pouvaient au premier abord lui paraître étrangers.

Maintenant, messieurs, que nous avons une idée plus exacte des conditions de la transformation du sang artériel en sang veineux, nous pourrons comprendre en quoi consiste la vénosité : c'est une propriété en vertu de laquelle le sang a changé de couleur et est devenu plus capable d'absorber l'oxygène. Dans l'état normal il faut pour cela que le sang, qui d'artériel devient veineux, ait subi une modification chimique en passant à travers les capillaires. Le fait reconnu, nous aurons à rechercher la nature de la modification qu'a fait subir au liquide sanguin l'influence nerveuse. C'est aux analyses comparées qu'il nous faudra la demander.

En terminant, je vais vous rapporter quelques expériences qui vous montreront l'influence du système nerveux sur la couleur du sang artériel et veineux.

Exp. (23 janvier 1858). — Sur un cheval assez vigoureux, au Jardin des Plantes, on mit à nu les veines de la glande parotide, et on suivit en sculptant la glande quelques-uns des rameaux de la veine faciale qui en sortent, rameaux qui, sans aucun doute, communiquent profondément avec d'autres veines des parties voisines.

Quand l'animal mangeait du foin, le sang qui coulait dans ces veines ne paraissait pas manifestement plus rouge; mais il était beaucoup plus abondant. On recueillit du sang d'une des veines qui sortaient de la glande, à l'état de repos, avant la salivation, et à l'état de mouvement. On prit le sang aussitôt que les mouvements de mastication venaient à cesser, car la modification qu'ils font éprouver au sang se prolonge quelque temps après l'action qui la détermine.

Le sang, avant les mouvements masticatoires, était moins foncé, coagulait plus rapidement et ne présentait pas de couenne; tandis que le sang recueilli immédiatement après la cessation des mouvements masticatoires était plus noir, coagulait moins rapidement, donnait une couenne blanche qui occupait au moins la moitié de l'éprouvette. Ce dernier sang ressemblait à celui qu'on obtient par la galvanisation du grand sympathique. Toutefois sa température était différente, comme on va le voir.

On introduisit un petit thermomètre dans la veine qui traverse la glande parotide. Pendant le repos, la température oscillait entre 37° et 38°. Pendant la mastication, elle oscillait entre 38° et 39°. Puis, quand les mouvements de mastication avaient cessé, elle revenait à 37°.

Alors on lia le nerf sympathique dans le cou, après quoi l'oreille devint plus chaude à la main; une espèce de vapeur s'élevait de la peau de tout le côté correspondant; cependant, le thermomètre dans la glande n'avait pas à ce moment sensiblement varié de température. Alors on piqua la veine jugulaire et on recueillit du

sang qui coula avec une plus grande abondance qu'auparavant et qui se coagula plus vite, ne donnant qu'une couenne faible.

On galvanisa le sympathique. Le sang coula plus noir par la jugulaire et moins abondamment; il se coagula moins vite; la couenne devint plus considérable et les globules très noirs étaient précipités sous forme grenue.

On laissa le sang s'écouler par la veine jugulaire. Au repos, quand le cheval était tranquille, le sang coulait rouge; mais s'il faisait des mouvements de mastication, le sang devenait noir et donnait à la main sur laquelle on le recevait la sensation évidente d'une chaleur plus grande.

Cette expérience montre que l'excès de température du sang paraît toujours lié à un mouvement plus rapide du sang et non pas à la coloration rouge ou noire de ce liquide. En effet, quand on coupe le sympathique le sang devient plus chaud parce qu'il circule plus vite quoiqu'il reste rouge. Quand l'animal fait des mouvements de mastication, le sang coule plus rapidement, la pression est augmentée, et le sang devient plus chaud quoiqu'il soit noir. Lorsqu'au contraire, on galvanise le grand sympathique, le sang des muscles en repos devient noir et est plus froid parce qu'il circule moins vite et que sa pression devient moindre. Ce sont des conditions inverses quant à la rapidité de la circulation qui sont remplies quand on galvanise le nerf moteur du muscle.

Exp. — Sur une grenouille, dont on avait coupé la moelle épinière, le sang de la veine abdominale était plus rouge. Il en était de même de la veine cave et du

rein lui-même dont le tissu était rutilant, tandis qu'il était noirâtre chez une autre grenouille saine.

Quand on détruit la moelle épinière de la grenouille avec un stylet introduit dans le canal vertébral, le sang devient noir partout. Mais quand la grenouille a eu la moelle préalablement coupée et que son sang est devenu rutilant, le sang devient noir beaucoup plus lentement par suite de la destruction de la moelle épinière. Dans ce cas, ce n'est qu'au bout de trois heures que la couleur noire du sang fut complétement prononcée.

Exp. (11 décembre 1857).—Sur un lapin en digestion on fit la section de la moelle épinière au niveau de la région dorsale et de la région cervicale.

On ouvrit immédiatement l'abdomen pour voir la couleur de la veine rénale et on trouva que non-seulement la veine rénale était rouge, mais que la veine porte elle-même présentait une teinte d'un rouge clair. Le rein était rutilant, et cependant la sécrétion rénale était suspendue dans ces cas. On voyait dans les veines des membres et du tronc, que le sang qui sortait des muscles, au-dessous de la section, était noir, tandis que le sang qui venait de la peau présentait une coloration plus rouge.

On recousit la plaie du ventre et une heure après on examina de nouveau la couleur du sang dans l'abdomen. Les veines rénales, les vaisseaux mésentériques, ovariques, présentaient une coloration rouge clair. On constata que le sang de la veine porte était plus rouge que le sang du foie à son abouchement dans la veine cave. En dénudant le rein on vit que la circulation

s'était ralentie et que le sang veineux était devenu noir. Le sang qui sortait des muscles était toujours noir.

Avant l'opération, l'animal avait 128 respirations par minute. Une heure après la section de la moelle, il n'y avait plus que 32 respirations par minute.

Pendant qu'on avait les vaisseaux abdominaux sous les yeux, on comprima le nez de l'animal pour produire chez lui la suffocation. La couleur du sang devint noire, mais très lentement, tandis que chez un animal dont la moelle épinière n'a pas été coupée, la suffocation produit avec une grande rapidité le changement de couleur. Le sang fut retiré par hémorrhagie en coupant les vaisseaux du cou : il était rouge, se coagula bien ; il s'en sépara une grande quantité de sérum ; et on observa dans ce cas comme dans d'autres analogues, que plusieurs jours après le caillot nageant dans le sérum était encore rouge. Ce qui prouve que, dans ces circonstances, le sang devient noir beaucoup plus lentement.

QUATORZIÈME LEÇON.

5 FÉVRIER 1858.

SOMMAIRE : Pourquoi le sang veineux rénal est-il rouge? — Rapport de la coloration rouge du sang veineux rénal avec l'état fonctionnel du rein. — Observations sur la coloration du sang veineux de la glande sous-maxillaire ; rapport de sa couleur avec l'état fonctionnel de cette glande. — Couleur du sang veineux qui sort des muscles en activité. — Expériences sur la glande sous-maxillaire. — Observation de l'appareil porte rénal chez les grenouilles, au point de vue de la couleur du sang.

MESSIEURS,

J'avais l'intention de passer aujourd'hui à un autre caractère du liquide sanguin, réservant un retour sur la coloration du sang lorsque l'enchaînement des recherches nous ramènerait à cette question intéressante ; mais vous savez qu'en matière de recherches, il est bien difficile de se tracer d'avance un programme fixe. Or, depuis la dernière leçon, quelques expériences m'ont donné des résultats nouveaux relatifs à la couleur, résultats que je dois vous faire connaître avant de passer à un autre ordre de recherches.

Avant de vous donner ces résultats, je dois vous indiquer leur nature et la série d'idées par laquelle nous y avons été conduit. De semblables digressions ont toujours leur utilité.

Vous savez par un certain nombre d'exemples que dans beaucoup de circonstances le sang veineux peut être rouge. Ces circonstances sont de deux ordres : les unes se rapportent à des actes physiologiques, les autres à des

cas pathologiques. C'est sur les premiers que j'aurai à insister pour aujourd'hui.

Jusqu'ici un seul fait nous montrait du sang veineux rouge à l'état physiologique : c'est l'observation des veines rénales. Ce fait isolé pouvait néanmoins nous servir à aller plus loin ; nous l'avons pris pour point de départ d'une hypothèse dont la vérification expérimentale devait être importante. Pourquoi donc le sang de la veine rénale serait-il seul rouge ? — En réfléchissant sur les caractères par lesquels le rein diffère des autres organes, on voit aussitôt qu'il se distingue des autres organes glandulaires par la continuité de ses fonctions; que constamment il enlève quelque chose au sang, et que ce sang en quelque sorte purifié reste rouge. Je dus dès lors me demander si cette coloration ne pourrait pas tenir à la soustraction d'une certaine quantité d'eau ou d'autres éléments du sang.

Je dirai d'abord qu'en multipliant les expériences sur le chien et sur le lapin et en faisant varier les conditions de l'observation, je m'aperçus bientôt que cette coloration rutilante habituelle de la veine rénale pouvait changer de teinte et devenir même complétement noire sous l'influence de circonstances diverses. De sorte que la contradiction trouverait encore ici sa place, si l'on voulait se borner à l'énoncé d'un seul résultat de l'observation. Cela peut malheureusement presque toujours être ainsi en physiologie quand on ne distingue pas suffisamment dans ces phénomènes si complexes les conditions éminemment variables que présente tout organisme vivant.

Après avoir constaté les deux apparences possibles du sang de la veine rénale, il s'agissait de chercher quel rapport elles avaient avec l'état fonctionnel du rein. Pour cela, on plaça dans l'uretère un petit tube d'argent par lequel on voyait l'urine s'écouler goutte à goutte et d'une manière à peu près continuelle, ainsi que cela est connu. On constata alors que le sang de la veine rénale ainsi que le tissu du rein étaient parfaitement rutilants pendant que l'urine s'écoulait abondamment par le tube; mais que cet écoulement cessait d'avoir lieu sous l'influence des circonstances qui, en faisant noircir le sang dans la veine rénale, donnaient en même temps une teinte bleuâtre à l'organe. D'où il semblait résulter qu'il fallait rattacher la couleur rutilante de la veine rénale à l'état de fonction du rein, et sa couleur noire à son état de repos ou de cessation de fonction. On vit en outre que la réaction de l'urine ne changeait rien au phénomène : la veine rénale est également rutilante chez le chien, qui a l'urine acide, et chez le lapin, qui a l'urine alcaline lorsqu'il est en digestion et acide après vingt-quatre ou trente-six heures d'abstinence.

Il serait inutile, pour le moment, d'énumérer toutes les influences qui sont capables de troubler la formation de l'urine et d'amener un changement dans la couleur de la veine rénale. Je me bornerai à vous indiquer les causes perturbatrices qui se rapportent au procédé opératoire de l'expérience, et je dirai que si l'on veut observer la coloration rutilante dans la veine rénale, il ne faut pas simplement ouvrir largement l'abdomen et déjeter les intestins pour mettre les reins et leur veine

à découvert. Une opération aussi grave amène presque toujours chez le chien et chez le lapin, sinon immédiatement, du moins après très peu d'instants, la suppression de l'urine, et on voit alors le sang des veines rénales prendre une couleur foncée et devenir souvent aussi noir que celui de la veine cave inférieure. Chez l'homme, la douleur et les émotions morales peuvent aussi faire cesser la formation de l'urine. M. Jobert (de Lamballe) a rapporté dans sa *Chirurgie plastique* des cas d'opération de fistules vésico-vaginales dans lesquelles, par suite de l'émotion, l'écoulement de l'urine avait été suspendu pendant toute la durée de l'opération, et quelquefois même bien au delà. Le procédé opératoire qu'il convient de suivre dans l'expérience consiste à faire dans la région lombaire une plaie peu étendue comme pour la néphrotomie. Il est préférable d'opérer sur le côté gauche, parce que la veine rénale de ce côté étant plus longue que celle du côté droit, il est plus facile de la découvrir. Par la même plaie, on peut ensuite isoler l'uretère pour y placer un tube d'argent, afin de s'assurer si pendant l'observation l'appareil urinaire fonctionne ou non.

De tout ce qui précède, il résulte donc clairement que le sang de la veine rénale, offrant une couleur habituellement rutilante liée à la formation de l'urine qui est à peu près continuelle, ne rentre plus dans la définition du sang veineux ordinaire.

La première question qui se présentait à l'esprit, après les observations qui précèdent, c'était de savoir si cette coloration rutilante du sang veineux était un fait

isolé, spécial au rein, ou bien s'il y avait lieu de l'étendre aux organes sécréteurs qui ont également pour fonction de séparer dans leur tissu un liquide organique spécial. Pour vérifier cette idée, j'eus recours à la glande sous-maxillaire du chien, qui se prête merveilleusement à cet examen. Elle constitue, en effet, un organe isolé et assez superficiel pour être facilement atteint. Je recherchai donc la veine de cette glande et je constatai d'abord qu'elle offre de nombreuses variétés anatomiques, qui ne sauraient d'ailleurs modifier en rien l'observation des phénomènes physiologiques.

Dans une première expérience, je constatai que le sang veineux qui sortait de la glande sous-maxillaire était parfaitement noir comme le sang veineux le plus foncé. Toutefois cela n'était aucunement en contradiction avec la coloration rutilante observée dans la veine rénale, car la sécrétion salivaire est intermittente et la glande ne sécrétait pas au moment où l'on constatait la présence du sang noir dans sa veine. Il fallait donc savoir si, en faisant sécréter la glande sous-maxillaire, on verrait changer la couleur de son sang veineux. On instilla, à cet effet, quelques gouttes de vinaigre dans la gueule de l'animal, ce qui sollicita par action réflexe la sécrétion salivaire. Je vis alors se vérifier pleinement les prévisions que j'avais eues; car, après quelques instants, la couleur du sang changea de teinte dans la veine de la glande, et, de noire qu'elle était, devint bientôt rutilante, pour reprendre après et peu à peu sa couleur noire lorsque la sécrétion cessa d'avoir lieu. En même temps, on voyait de petites veines venant de la

membrane muqueuse de la bouche, qui contient aussi beaucoup de glandules, prendre une couleur rougeâtre bien évidente.

Afin de ne conserver aucun doute sur l'interprétation du phénomène que je venais d'observer, je mis à découvert le conduit excréteur de la glande sous-maxillaire et j'y introduisis un petit tube d'argent; après quoi j'isolai le rameau nerveux qui, du nerf lingual, se rend à la glande. On avait alors sous les yeux la veine de la glande sous-maxillaire, son conduit excréteur dans lequel était placé un tube, et le nerf excitateur de la sécrétion. On put alors constater que lorsque l'organe était en repos, rien ne s'écoulait par le tube et que le sang circulait noir dans la veine de la glande; tandis que chaque fois qu'on excitait par le galvanisme le nerf de la glande et que la sécrétion s'effectuait, la couleur du sang veineux se montrait rouge, puis redevenait noire lorsque l'excitation cessant la sécrétion s'arrêtait. On répéta à diverses reprises la même épreuve avec des résultats semblables. On observa, en outre, qu'il s'écoulait toujours un intervalle de quelques secondes entre l'excitation, l'apparition du liquide sécrété et la coloration rouge du sang. Celle-ci arrivait plus tardivement, comme s'il eût fallu un certain temps à la glande pour se vider du sang noir qu'elle contenait avant que le sang rutilant apparût. Par une raison analogue sans doute, il arrivait aussi que la couleur rouge de la veine persistait toujours quelques instants après la cessation de la sécrétion; autrement dit, c'était toujours graduellement que la couleur rouge du sang se chan-

geait en noir ou réciproquement. Enfin, on remarqua aussi que le sang coulait toujours plus abondamment lorsqu'il était rouge, c'est-à-dire pendant la fonction de l'organe, que lorsqu'il était noir, l'organe étant en repos.

Aujourd'hui cette expérience sur la glande sous-maxillaire a été répétée un grand nombre de fois chez des chiens, toujours avec des résultats semblables, sauf quelques différences dans l'intensité des phénomènes, qui pouvaient tenir à l'état de vigueur ou d'affaissement plus ou moins grand des animaux. Les résultats sont, en général, d'autant plus nets et plus rapides que l'animal est plus vigoureux et que les organes ont été moins fatigués par des excitations antérieures ou par leur exposition à l'air. Il arrive quelquefois aussi que la veine se dessèche et se racornit, ce qui gêne la circulation ; alors il convient de la couper au sortir de la glande, afin de pouvoir juger directement de la couleur du sang qui en sort.

Les observations sur la glande sous-maxillaire montrent donc que son sang veineux est alternativement noir ou rouge, et que dans l'état normal ces alternatives de coloration du sang veineux correspondent exactement à l'intermittence des fonctions de la glande.

Les deux séries de résultats précédemment rapportés et obtenues l'une sur le rein et l'autre sur la glande sous-maxillaire, ne constituent certainement pas des faits isolés, et la même observation devra sans doute s'étendre à d'autres glandes. Des expériences que j'ai commencées sur la parotide et sur les glandes de la partie

abdominale du tube digestif m'ont fourni jusqu'ici des résultats généraux semblables ; toutefois, l'étude ne sera complète que lorsqu'on aura poursuivi ces recherches expérimentalement dans chaque glande en particulier.

En résumé, il résulte de ces faits que si à l'état physiologique on doit conserver la qualification de sang rouge au sang artériel (qui n'est à proprement parler que le sang veineux d'un organe, le poumon), celle de sang noir ne saurait être maintenue d'une façon générale au sang veineux. Nous avons prouvé, en effet, que le sang veineux peut être rouge ou noir dans des organes sécréteurs, suivant qu'on les considère à l'état de fonctionnement ou en repos. Cette considération de l'activité et du repos de l'organe qui correspondent en quelque sorte à ses états statique et dynamique me paraît constituer un point important à introduire dans les études physiologiques et chimiques des sangs. En effet, ce n'est pas seulement par la couleur que le sang veineux de l'organe en repos diffère du sang veineux de l'organe en fonction ; mais il présente encore d'autres caractères différentiels importants, qui doivent tenir à une différence profonde dans la constitution chimique. C'est ainsi que le sang veineux du rein en fonction qui est rutilant, reste plus diffluent et quelquefois même ne présente pas de caillot, tandis que le sang de la même veine, lorsque le rein cesse de fonctionner, est noir et offre un caillot consistant, etc.

Sans doute, les physiologistes et les chimistes avaient déjà compris que le sang veineux ne pouvait pas, comme le sang artériel, être regardé comme partout identique,

et qu'il fallait analyser le sang veineux de chaque organe en particulier ; mais ce que l'on n'avait pas dit, je crois, et ce qui me semble cependant indispensable à considérer désormais si l'on veut que les analyses chimiques conduisent à des notions aussi utilisables que possibles pour la physiologie, c'est d'examiner séparément et comparativement la composition et les propriétés du sang veineux d'un même organe à l'état de fonction et à l'état de repos. Nous pouvons déjà, d'après ce que nous avons dit plus haut, prévoir qu'on trouvera souvent des différences plus grandes entre les deux sangs d'un même organe à l'état de fonction et à l'état de repos qu'entre les sangs correspondants de deux organes différents.

Ce point de vue ne s'applique pas seulement aux glandes, mais il devra embrasser tous les organes du corps dont il faudra étudier maintenant le sang veineux à l'état de repos et à l'état de fonction. On pourra en quelque sorte caractériser chaque tissu par les modifications très diverses qu'imprime au sang qui le traverse son activité fonctionnelle propre. C'est ainsi que si le sang sort rouge des glandes en activité, il sort au contraire très noir et avec des qualités physiques différentes d'un muscle qui se contracte. Le mécanisme de ces diverses colorations du sang trouvera nécessairement son explication dans des analyses chimiques ultérieures, dont nous n'avons voulu pour le moment qu'indiquer les conditions physiologiques.

J'ajouterai encore une dernière remarque : c'est que toutes ces modifications qui surviennent dans

le sang par suite de l'activité fonctionnelle des organes sont toujours déterminées par le système nerveux. C'est par conséquent dans ce point de contact entre les tissus organiques et le sang qu'il faut rechercher l'idée qu'il convient de se faire du rôle spécial du système nerveux dans les phénomènes physico-chimiques de la vie.

L'expérience que nous avions faite sur la glande sous-maxillaire du chien, nous l'avons, chez le lapin, répétée sur la glande parotide, sans engager cependant de tube dans le conduit excréteur et sans recourir, pour faire sécréter la glande, à l'excitation nerveuse : des résultats analogues ont été obtenus.

Nous allons sur ce grand chien répéter cette expérience devant vous.

Un tube est engagé dans le conduit salivaire sous-maxillaire de notre chien; vous voyez que l'écoulement de salive ne se fait pas; la glande est au repos. On n'a pas découvert la glande; nous allons la mettre à nu avec la veine qui en sort. En examinant cette veine on voit que le sang y est noir et qu'il présente bien l'aspect ordinaire du sang veineux. Nous instillons du vinaigre dans la gueule de l'animal; aussitôt le sang devient rouge, non-seulement dans la veine de la glande sous-maxillaire, mais aussi dans les petites veinules qui rapportent le sang des glandules buccales que l'action du vinaigre fait sécréter. Bientôt l'écoulement de salive cesse; le sang redevient noir dans les veines. Nous coupons alors aussi haut que possible le nerf de la glande. L'irritation causée par la section persiste chez cet animal vigoureux et produit un écoulement de salive abondant et continu;

la veine de la glande se trouve dans les conditions de la veine rénale, et laisse écouler un sang rouge que nous recueillons dans des tubes. L'animal devient bientôt plus calme, et, bien que l'écoulement de salive n'ait pas complétement cessé, le sang que nous recueillons est déjà bien moins rutilant. Nous galvanisons alors le bout périphérique du nerf coupé : l'écoulement de salive recommence, et le sang que nous recueillons dans ce troisième tube est semblable à du sang artériel.

Je tenais à vous montrer ce fait déjà constaté plusieurs fois d'une manière parfaitement nette ; il me paraît devoir être le point de départ d'une foule de recherches du plus haut intérêt.

La coloration rouge du sang veineux glandulaire soulève une question très intéressante et que nous devons aborder. Doit-on dire que le sang veineux est devenu rouge, ou bien qu'il est resté rouge? Chez les mammifères, la question est difficile à résoudre *à priori ;* le sang veineux rénal sort du rein avec la couleur du sang artériel, tel qu'il y est entré, et l'on ne peut *à priori* repousser l'idée qui attribuerait sa coloration rouge à ce qu'il ne se serait pas désartérialisé. Il faut donc poser la question autrement, et se demander si le sang qui arriverait noir dans un organe sécréteur y deviendrait rouge? Or, messieurs, posée dans ces termes, la question peut être résolue, non sur des mammifères, mais sur des reptiles, sur les grenouilles par exemple. Chez ces animaux, le système vasculaire offre une disposition différente de celle qui se rencontre chez les mammifères : les veines des membres inférieurs et des parties latérales infé-

rieures du tronc se réunissent en une sorte de veine cave inférieure qui se ramifie à son tour avant de se jeter dans le rein situé sur son trajet, comme le foie sur le trajet de la veine porte. Chez les grenouilles, la veine cave inférieure est donc une véritable veine porte rénale qui amène au rein du sang noir. Quand ce sang sort du rein, il est parfois rouge : la coloration rouge du sang veineux rénal serait-elle ici déterminée par la fonction qui s'accomplirait dans l'organe?

D'après les faits qui se sont présentés jusqu'à présent à notre observation, il semblerait que le sang rouge qui sort par la veine d'un organe sécréteur est du sang qui ne s'est pas transformé en sang veineux et qui est passé avec les caractères de coloration artérielle, et quelquefois même avec ses battements, ainsi que cela se voit dans certaines circonstances pour la veine de la glande sous-maxillaire. Or, comme cet état du sang coïncide avec l'expulsion du liquide de l'organe sécréteur, nous serions amené à dire que dans la glande qui fonctionne la vénosité cesse d'avoir lieu. Cette conclusion me paraît en désaccord avec ce qui se passe dans d'autres organes, les muscles par exemple, où le sang est d'autant plus veineux que la fonction organique a été plus intense ; et j'admettrais qu'il faut interpréter autrement l'état fonctionnel des glandes, et dire que la glande fonctionne chimiquement, lorsqu'on la croit en repos, et que quand elle excrète sa sécrétion, elle cesse de fonctionner chimiquement pour ne plus remplir qu'un rôle mécanique : de sorte que, d'après ces vues, nous pourrions conclure d'une manière générale, que dans tous

les organes qui fonctionnent, dans les glandes comme dans les muscles, le sang artériel devient veineux, et que la vénosité est d'autant plus prononcée, que l'activité fonctionnelle est plus intense.

Nous allons, en terminant cette leçon, vous rapporter des expériences variées dans lesquelles vous trouverez des arguments qui servent de base aux différentes considérations que nous vous avons indiquées.

Deux animaux ont été préparés sur lesquels nous allons, pour terminer, vous montrer quelques-uns des faits qui vous ont été énoncés dans ces dernières leçons

Sur ce petit chien nous allons recueillir comparativement du sang de la veine jugulaire et de la veine rénale.

Pour mettre à nu la veine rénale, ainsi que vous le savez déjà, plusieurs procédés peuvent être suivis. On peut largement ouvrir l'abdomen, et, au fond de la plaie, examiner la couleur de la veine rénale et des veines voisines. Mais ce procédé provoque nécessairement un trouble considérable et des souffrances qui ne sont pas sans influence sur la sécrétion rénale et qu'il est bon d'éviter. On peut, pour cela, faire une ouverture en arrière, de préférence dans le flanc gauche ; on isole les vaisseaux, et l'on peut en recueillir facilement le sang. Ce procédé est celui qu'on a suivi ici. On peut comparer le sang que nous venons de retirer ainsi de la veine rénale à celui que nous donne maintenant la veine jugulaire : le premier offre une coloration d'un rouge bien plus vif.

Cette observation soulève une question que je vous

ai déjà indiquée et sur laquelle il faudra revenir ; mais je désire seulement ajouter un fait pour le moment. Doit-on regarder cette couleur rouge du sang dans la veine glandulaire comme le résultat du passage direct du sang du système artériel dans le système veineux, ou bien, malgré la couleur rutilante, le sang veineux a-t-il acquis des propriétés particulières ?

Cette dernière manière de voir paraîtrait plus compatible avec certains faits que nous avons observés. Ainsi, nous savons que lorsqu'il a été recueilli sur le vivant, le sang artériel finit par devenir noir ; la même chose a lieu, mais beaucoup plus rapidement, pour le sang rouge de la veine rénale ou pour le sang qui revient rouge par les veines d'une partie dans laquelle le grand sympathique a été coupé ; il semble donc que ce sang ne saurait être considéré comme du sang purement artériel. Les différences que nous voyons ici, malgré la persistance de la coloration rouge, se retrouvent d'ailleurs dans la coagulation, et le sérum présente dans les deux cas des particularités différentes.

Voici un gros chien qui nous permettra de comparer la couleur du sang veineux dans la glande sous-maxillaire et dans un muscle.

La glande a été mise à découvert, et vous pouvez, l'animal étant calme, voir ramper sur sa surface une petite veine qui charrie un sang noir, très sensiblement plus foncé que le sang de cet autre rameau veineux qui vient du muscle digastrique en repos. Nous voyons donc ici, les organes étant en repos, le sang veineux revenir plus noir de la glande et plus clair du muscle. Nous instillons

maintenant du vinaigre dans la gueule de l'animal; la salive s'écoule par le tube engagé dans le conduit sous-maxillaire, le sang devient presque aussitôt rutilant dans la veine glandulaire, tandis qu'il a pris une coloration noire dans la veine du muscle digastrique dont l'activité s'est trouvée éveillée dans les mouvements de déglutition auxquels s'est livré l'animal. Voici encore des expériences relatives à la coloration rouge du sang veineux des glandes.

Exp. (27 janvier 1858). — Sur un lapin, on coupa la moelle épinière vers la première vertèbre dorsale; puis on introduisit des tubes dans les deux uretères. L'urine ne coulait pas; le sang veineux rénal était rouge. Bientôt cependant, le sang veineux rénal prit une couleur plus sombre. Alors on galvanisa le rameau du pneumogastrique qui accompagne l'œsophage dans l'abdomen, et l'on vit cette excitation faire rougir d'une manière évidente le sang de la veine rénale; toutefois l'urine ne coula pas.

Sur un autre lapin vivant, on ouvrit l'abdomen pour répéter la même expérience; mais la douleur produite par l'opération ne permit de constater aucun effet évident.

Exp. (17 février 1858). — Sur un lapin empoisonné par le curare, on entretint la respiration artificielle, d'abord à l'aide d'une vessie de caoutchouc remplie d'hydrogène : le sang resta noir. Alors on vida la vessie et on la remplit d'air, et, sous l'influence de cette insufflation, le sang de la veine rénale devint rouge, mais toujours après que le sang de l'artère était devenu rouge

préalablement. Quand on cessa l'insufflation, le sang devint noir ; puis, quand on la reprit, il redevint rouge d'abord dans les artères, puis dans la veine rénale.

Exp. (18 février). — Sur un lapin vigoureux, on constata d'abord que le sang veineux du muscle digastrique et du masséter offraient une couleur rouge claire qui devenait plus foncée lorsqu'on galvanisait directement ces muscles.

Alors on empoisonna cet animal par le curare et l'on pratiqua l'insufflation artificielle avec de l'air ; le sang devint rouge dans les artères, très rouge dans la veine rénale, et l'on constata que la sécrétion urinaire se faisait. Quand on arrêta la respiration, le sang devint noir dans la veine rénale et la sécrétion rénale s'arrêta.

Exp. (23 janvier 1858). — Sur un chien de grande taille, on mit à découvert le muscle digastrique. Le sang veineux qui sortait du muscle à l'état de repos était d'un rouge clair. Lorsqu'on galvanisait le muscle directement, on voyait le sang s'écouler très noir.

Après cette première opération, on plaça un tube dans le conduit de la glande sous-maxillaire et l'on mit à découvert les veines de la glande. On constata que le sang s'écoulait de la veine avec une couleur noire. En mettant du vinaigre dans la bouche pour faire sécréter la salive, le sang prenait sa teinte rouge et coulait plus abondamment.

Lorsqu'on excitait la corde du tympan, on voyait la même coloration rouge se manifester avec une activité plus grande de la circulation. Toutefois la colorationdu sang de la veine n'était pas complétement rutilante, et

bien que le sang coulât très abondamment, il resta toujours un peu plus foncé que le sang artériel, quoique l'écoulement de la salive eût lieu.

Alors on fit la section du grand sympathique qui accompagne l'artère carotide externe : aussitôt le sang de la veine devint d'un rouge plus clair; et dès qu'on excitait la corde du tympan, le sang de la veine glandulaire devenait rutilant et s'écoulait avec une très grande abondance.

(Il sembla que le nerf de la corde du tympan était beaucoup plus excitable après la section du sympathique qu'avant, et que, pour la même excitation, l'effet sur la coloration du sang et sur la sécrétion salivaire fut plus considérable.)

Lorsque ensuite on galvanisait le bout périphérique du sympathique coupé, le sang de la veine devenait excessivement noir, et même la circulation s'y arrêtait complétement si la galvanisation était suffisamment prolongée.

On a répété cette dernière expérience deux fois avec le même résultat.

Le 4 mars, ce chien, étant guéri, fut sacrifié pour d'autres expériences. On disséqua la glande, que l'on trouva légèrement atrophiée. Son conduit, de la grosseur d'une plume d'oie, était oblitéré et rempli par une salive très visqueuse qui avait dilaté également les divisions des conduits qui se rendent dans la glande. Il semblerait donc que, malgré la section des nerfs, il avait pu se former de la salive.

Exp. (25 février 1858). — Sur un gros chien très

calme et en digestion, on mit à découvert la glande sous-maxillaire en enlevant le muscle digastrique. On introduisit un tube dans le conduit de la glande; après quoi on isola la corde du tympan et le filet carotidien du sympathique, et l'on découvrit la veine de la glande, située en avant.

On constata que le sang qui sort de cette veine était noir.

Alors on fit la ligature du filet carotidien du sympathique; aussitôt le sang coula plus abondamment et devint plus rouge dans la veine, quoiqu'il n'y eût point de salive sécrétée.

On galvanisa ensuite ce filet nerveux carotidien; le sang s'écoula moins abondamment, devint noir, s'arrêta même, et la salive coula un peu.

On cessa la galvanisation; le sang redevint rouge et abondant. Alors on lia la corde du tympan, puis on la galvanisa : aussitôt le sang, toujours rouge, coula plus abondamment par la veine, avec un jet saccadé, isochrone aux pulsations artérielles; en même temps la salive coulait en abondance.

On laissa reposer la glande, puis on galvanisa le filet carotidien inférieur : les effets furent lents à se produire; cependant le sang de la veine devint noir et coula plus abondamment. On laissa de nouveau reposer la glande et l'on galvanisa la corde du tympan; la salive coula alors très fort, en même temps que le sang devint rouge, s'échappant de la veine en grande quantité et avec un jet saccadé très énergique, tout à fait comparable à celui d'une artère.

On injecta alors du curare dans la veine jugulaire de l'animal : peu à peu les mouvements respiratoires disparurent; et au moment où ils s'éteignaient, on constata que le sang coulait noir par la veine et très peu abondamment. Alors la galvanisation de la corde du tympan ne fit pas changer la couleur du sang; mais elle ne détermina pas non plus d'écoulement de salive. (Il était sans doute trop tard, et le nerf était paralysé.)

Pendant que l'animal éprouvait les effets de l'empoisonnement par le curare, on remarqua qu'il y eut excrétion d'urine et de matières fécales, et aussi excrétion spontanée de salive par le tube de la glande sous-maxillaire.

Lorsque les mouvements respiratoires eurent tout à fait cessé, on pratiqua l'insufflation. Le sang sortit toujours noir de la veine sous-maxillaire, malgré l'insufflation ; et à ce moment, la galvanisation de la corde du tympan ne produisit aucun changement de la couleur du sang ni aucun écoulement de salive. Pour les veines rénales il n'en fut pas de même : on ouvrit l'abdomen, et l'on constata que les veines rénales étaient rouges pendant l'insufflation et devenaient noires quand on cessait l'insufflation. Les veines rouges pendant l'insufflation étaient gonflées et pleines, tandis que quand on cessait l'insufflation, leur volume diminuait en même temps qu'elles devenaient noires. Le tissu du rein présenta les mêmes variations de couleur. Toutefois, pendant ces observations, on ne vit pas couler d'urine par les uretères. Pendant l'insufflation, le foie devenait également plus rouge; il ne paraissait pas en être de même du pan-

créas, dont le conduit ne donnait d'ailleurs d'écoulement à aucune sécrétion.

Exp. (18 février). — Sur un chien malade, on constata que la glande sous-maxillaire donnait par sa veine un sang noir qui devint rouge lorsqu'on installa du vinaigre dans la gueule de l'animal, et que, par suite, la sécrétion salivaire fut mise en activité. L'excitation directe de la corde du tympan donna aussi un résultat semblable.

On empoisonna ensuite l'animal par le curare, en lui injectant la substance dans la veine jugulaire. Lorsque les mouvements respiratoires eurent cessé, on entretint la respiration artificielle, et l'on constata que le sang devenait rouge dans les artères, et que dans les veines musculaires il restait noir, quoique les muscles fussent immobiles.

On avait recueilli du sang artériel de ce chien : on en sépara le sérum qu'on divisa en deux portions; on en fit autant du caillot, puis on satura une portion du sérum avec de l'acide carbonique en le faisant traverser par ce gaz. On mit alors comparativement une moitié de ce caillot dans le sérum saturé de gaz carbonique et l'autre moitié dans le sérum normal. Bientôt le caillot mis dans le sérum saturé d'acide carbonique devint noir, tandis que celui placé dans le sérum normal resta rouge. Toutefois la coloration noire du sang était plus intense quand on faisait passer l'acide carbonique dans le caillot et le sérum à la fois.

Exp. — Sur un jeune chien en digestion on découvrit la glande sous-maxillaire du côté gauche. On

constata d'abord que la veine qui sortait de la glande salivaire était noire. Alors on mit du vinaigre dans la gueule : bientôt cette veine devint plus rouge, en même temps que le sang qui revenait par les veines de la face qui se distribuent aux parois des joues devint aussi plus rouge ; au contraire, les branches de la veine jugulaire qui venaient du côté de l'oreille restèrent plus noires.

En découvrant le filet du lingual qui va à la glande, et en l'excitant, le sang coula à la fois plus abondant et plus rouge par la veine de la glande sous-maxillaire. On mit un tube dans le conduit salivaire ; puis on vit la sécrétion continuer pendant quelque temps et la sécrétion de la veine rester plus rouge, mais peu à peu la salive cessa de couler et le sang devint plus noir. Alors on galvanisa le nerf lingual avec la machine électro-magnétique ; la salive coula à flots, et le sang veineux de la glande se montra abondant et rouge. Ces résultats se montrent très nets.

On sacrifia l'animal par hémorrhagie en ouvrant une artère, et l'on observa que pendant que l'hémorrhagie faisait périr l'animal, le sang veineux qui coulait de la glande sous-maxillaire était noir.

Exp. (31 décembre 1857). — Sur un chien on a répété l'expérience précédente avec les mêmes résultats. Seulement on prit le nerf sympathique qui va à la glande, on le galvanisa, et l'on vit que le sang de la veine coulait noir pendant cette galvanisation. Puis, quand on cessait la galvanisation, le sang de la veine devenait rouge, quoique cependant il n'y eût aucune

sécrétion de salive. En galvanisant de nouveau le nerf sympathique, le sang devint noir; et ainsi de suite.

19 janvier 1858. — Sur un jeune chien on enleva le digastrique droit, puis on chercha la veine glandulaire, les deux nerfs, et le conduit salivaire de la glande sous-maxillaire : la veine émergeait de la partie postérieure et interne de la glande, et remontait pour se jeter dans la branche inférieure de la jugulaire externe. On mit du vinaigre dans la gueule de l'animal ; la sécrétion salivaire fut peu abondante, et le changement de couleur du sang peu marqué ; il faut noter que cet animal était très affaibli.

On galvanisa alors le filet du lingual : la salive coula; la veine de la glande se gonfla et devint plus rouge.

On galvanisa ensuite un filet du grand sympathique à la partie supérieure du cou, et l'on ne vit pas qu'il eût d'influence sur la sécrétion salivaire ni sur la coloration du sang.

Après cela on divisa la veine de la glande et l'on vit directement et plus nettement encore, dans le sang qui sortait, les variations dans l'écoulement et dans la couleur qui avaient été observées précédemment.

Alors on ouvrit l'abdomen, on constata que les veines rénales étaient noires. Des tubes placés dans les uretères montrèrent que l'écoulement de l'urine est complétement nul.

Exp. (16 décembre 1857). — Sur un lapin à jeun depuis la veille, on ouvrit l'abdomen, et l'on trouva le sang des veines rénales d'un rouge clair qui tranchait

sur la coloration plus noire de la veine cave. Une petite veine musculaire qui se rend dans la veine rénale gauche était plus noire. Le sang de la veine porte présentait, comme la veine rénale, une couleur très claire. On introduisit des tubes effilés dans les veines rénales, et ces tubes se remplissaient d'un sang rouge comme le sang artériel; mais ce sang rouge devenait, bientôt après sa sortie de la veine, plus foncé qu'il n'était, et ne pouvait bientôt plus être confondu avec le sang artériel.

Chez ce lapin on trouva la sérosité fibrineuse du péritoine en très grande abondance.

Exp. (16 décembre 1857). — Sur un lapin à jeun on découvrit la jugulaire gauche à la partie inférieure du cou, elle était noire; puis on fit la ligature du sympathique à la partie supérieure du cou; après quoi le sang devint plus rouge dans la veine, et cela paraissait surtout plus évident pour la veine auriculaire que pour la veine faciale. On ouvrit alors l'abdomen, et l'on trouva que les deux veines rénales étaient rouges; la veine porte, et surtout la veine cave, avaient au contraire une teinte beaucoup plus foncée.

23 décembre 1857. — Sur un lapin en digestion on coupa le sympathique droit dans la région du cou. Le sang veineux devint plus rouge dans l'oreille; puis on galvanisa le bout du grand sympathique coupé, et l'on vit, sous cette influence, les vaisseaux diminuer de volume. En appliquant directement les deux piles du courant galvanique sur les deux extrémités de l'oreille, on vit immédiatement que le sang, de rosé qu'il était, devint plus noir dans les veines.

22 janvier 1858. — Sur un lapin on coupa le sympathique du cou, puis on ouvrit les veines des deux oreilles, et l'on constata que le sang qui s'écoulait du côté où le sympathique était coupé était plus rouge que celui qui s'écoulait par l'autre veine auriculaire saine.

Exp. (22 janvier 1858). — Sur un chien vigoureux, en digestion, on découvrit le muscle digastrique; on mit à nu une veine de ce muscle, on en coupa une autre, puis on constata que le sang qui s'écoulait du muscle par ces veines était rouge à l'état de repos, et devenait noir lorsque par le passage d'un courant électrique on produisait la contraction musculaire. On mit ensuite la glande sous-maxillaire à nu en enlevant le muscle digastrique. On constata que la glande donnait deux veines : l'une petite et située à la partie postérieure de la glande, l'autre placée plus en avant; les deux veines présentaient une coloration noire. On obtint par la galvanisation de la corde du tympan une coloration rouge des plus manifestes dans ces veines.

Deux heures après, l'animal ayant été très fatigué par une série d'opérations et ayant perdu du sang, on mit à découvert la glande sous-maxillaire du côté opposé. On galvanisa la corde du tympan et l'on obtint des résultats très peu nets. La salive coula à peine, le sang changea peu de couleur et n'augmenta pas très sensiblement de quantité. Alors on coupa le nerf sympathique qui accompagne l'artère, et aussitôt le sang devint plus rouge dans la veine. Lorsque ensuite on galvanisa la corde du tympan, l'écoulement de salive était

abondant. Toutefois, quand on galvanisa le nerf sympathique, on ne vit pas une coloration noire se manifester dans la veine (probablement parce qu'on n'agissait pas sur le filet qui va à la glande).

Après toutes ces opérations, l'animal étant très fatigué, on ouvrit l'abdomen ; on mit un tube dans l'uretère : l'urine ne coula pas. Le sang de la veine rénale était sombre, quoique cependant il présentât une teinte plus claire que celui de la veine jugulaire.

Exp. (22 janvier 1858). — Sur un autre chien en pleine digestion, on mit le rein à nu en faisant une plaie à la partie postérieure des lombes. On recueillit du sang de la veine rénale, il était rouge et coagula très imparfaitement ; le caillot, qui resta diffluent, nageait dans un sérum très abondant (il arrive quelquefois dans ces cas que le caillot se dissout complétement par l'agitation). Du sang de la veine jugulaire, pris chez le même animal, s'était coagulé fortement avec un caillot solide.

Exp. (15 décembre 1857). — Sur un jeune chien on retira de la veine jugulaire et de la carotide une quantité sensiblement égale de sang.

On produisit chez cet animal une hémorrhagie artérielle considérable ; après quoi on examina les veines rénales, que l'on trouva noires. Il faut noter que l'animal s'agitait et faisait des mouvements violents.

Trois heures après avoir été retirés des vaisseaux, le sang de la jugulaire et celui de la carotide, coagulés, furent placés sous la machine pneumatique à côté d'acide sulfurique, pour voir si, en leur enlevant de l'eau, on

ferait changer leur couleur. En faisant le vide, il se manifesta un bouillonnement dans les deux sangs, d'abord dans le sang artériel, puis un peu plus tard dans le sang veineux. Placés dans ces conditions, les deux sangs parurent devenir un peu plus rouges, mais sans cesser toutefois de conserver leur différence relative de coloration.

QUINZIÈME LEÇON.

19 FÉVRIER 1858.

SOMMAIRE : Comment on doit caractériser l'état fonctionnel d'un organe glandulaire. — Comparaison entre l'activité musculaire et l'activité glandulaire. — Action différente des deux nerfs qui se rendent à la glande sous-maxillaire. — Expériences. — On ne peut actuellement en tirer des conclusions générales. — Du sang veineux rouge au sortir des muscles.

MESSIEURS,

Nous nous sommes arrêtés, vous ne l'avez pas oublié, sur un fait qui deviendra le point de départ de nouvelles recherches, fait relatif à la différence de coloration qui existe entre le sang artériel et le sang veineux. Je vous ai dit qu'autrefois la comparaison de ces deux sangs avait été faite en bloc et qu'on avait établi le parallèle entre la masse du sang artériel et la masse du sang veineux. Toutefois on a reconnu depuis longtemps que s'il était possible d'admettre l'identité du sang artériel, on ne pouvait regarder le sang veineux comme offrant la même constitution dans tous les points de son parcours. Déjà Legallois, examinant cette question dans un travail purement spéculatif, avait conclu à l'identité du sang artériel, mais en refusant au sang veineux cette constance de composition. La question fut reprise par les chimistes, par Simon (de Berlin), Lehmann, Schmidt (de Dorpat), qui, dans leurs analyses du sang, sentirent la nécessité d'établir séparément la composition chimique du sang veineux dans les différentes par-

ties, et trouvèrent qu'en effet le sang offrait, suivant les régions, une constitution différente. C'était déjà un point très important que d'avoir compris que chaque organe opérait différemment sur les matériaux que lui apporte le système artériel; mais vous savez que cela ne suffit pas encore, et que si un chimiste voulait aujourd'hui faire, du sang qui sort d'un organe, une analyse en rapport avec les exigences de nos connaissances physiologiques, il devrait ne pas s'en tenir à une seule observation, mais faire deux analyses correspondantes, l'une à l'état de repos, l'autre à l'état d'activité de l'organe. Je crois avoir suffisamment établi l'importance fondamentale de cette distinction physiologique entre les résultats chimiques de l'état fonctionnel statique ou dynamique; c'est un élément qu'on doit nécessairement faire intervenir dans toute appréciation des qualités des liquides organiques.

Toutefois, à propos de l'appréciation de l'état fonctionnel des organes, quelques-uns des auditeurs de ce cours ayant cru voir une contradiction dans les réflexions par lesquelles j'ai terminé la dernière leçon, je dois revenir en quelques mots sur ce sujet, et faire nettement la part des faits et la part des opinions. Les faits ne sauraient changer, et il importe de bien les fixer; quant aux opinions, elles doivent toujours être d'accord avec les faits, soit qu'on les émette dans le but de relier ceux-ci entre eux, soit qu'on en fasse le point de départ de recherches nouvelles. Les opinions que j'ai émises ne sont-elles pas d'accord avec les faits observés, ou me suis-je mal fait comprendre? — C'est ce dont vous allez pouvoir juger.

Je vous ai dit que dans les organes sécréteurs le sang est alternativement rouge ou noir, selon que ces organes fournissent ou ne fournissent pas le produit de leur sécrétion. Ce fait a été observé sur deux organes, le rein et la glande sous-maxillaire : vous en avez été témoins; il n'y a rien à changer à cela.

Maintenant, en présence de ces faits, nous nous sommes demandé quel nom donner aux états de l'organe qui correspondent à la sortie du sang noir et à la sortie du sang rouge. En vous disant que le sang sortait rouge de la glande sous-maxillaire quand la glande expulse son produit, nous vous avons énoncé un fait; plus tard, en vous disant que le sang devient veineux dans les glandes qui fonctionnent, nous vous avons donné une appréciation et en même temps nous avons pu ouvrir la porte à un malentendu, parce que l'état fonctionnel des organes n'était pas suffisamment défini. Jusqu'à présent tout le monde a été d'accord pour faire coïncider l'état fonctionnel des organes avec l'émission de leur liquide sécrété. Je me suis conformé à cet usage général en disant que le sang est rouge dans les glandes en activité; mais cependant je tenais aussi à vous dire que je pense qu'il faut, contrairement à l'opinion généralement reçue, regarder l'état fonctionnel proprement dit comme répondant à l'élaboration chimique du produit caractéristique de la sécrétion; tandis que l'expulsion du liquide ne serait qu'un phénomène purement mécanique, pendant l'accomplissement duquel semble cesser la formation chimique glandulaire.

En présence de deux états différents du sang, l'un

dans lequel il devient noir, l'autre dans lequel il reste rouge, nous nous sommes demandé si dans le premier cas, lorsque le sang sort noir de la glande, le phénomène de nutrition qu'accuse la modification qu'il a subie est ou n'est pas en rapport avec le fait de la sécrétion ; et nous vous avons dit que nous penchions vers l'affirmative. Quoi qu'il en soit, l'observation la plus superficielle, celle qui ne tient compte que des manifestations, immédiatement sensibles, ne peut méconnaître l'existence de deux états de l'organe, l'un dynamique, l'autre statique ; à ces deux états correspondent des colorations différentes du sang veineux ; voilà ce qui est bien établi. Nous avons ajouté que la période qu'on considère comme fonctionnelle coïncide avec le passage dans les vaisseaux d'une plus grande quantité de sang.

Vous comprenez maintenant combien il faut être réservé dans la généralisation de faits de cette nature, d'après leur simple apparence ; ce que nous avons vu dans le rein et dans la glande salivaire ne saurait être appliqué à tous les organes. Dans le système musculaire, par exemple, les phénomènes se présentent avec des apparences tout à fait contraires. Quand un muscle est en repos, on voit, en effet, le sang en sortir plus rouge, tandis qu'il en sort noir quand ce muscle se contracte : c'est donc tout l'opposé. Malgré cela, tous ces faits doivent certainement reconnaître une loi générale, et c'est cette loi générale que nous avons voulu rechercher avec vous dans la dernière séance, en interprétant autrement l'état fonctionnel et l'état de repos des glandes.

Ce matin nous avons expérimenté sur le muscle digastrique ; pour que l'état de relâchement que nous voulions observer fût bien indépendant des mouvements qui auraient pu être communiqués au muscle, nous avons coupé ses attaches. Le digastrique étant au repos, le sang veineux en sortait rouge; ensuite on le galvanisa, le muscle se contracta, et bientôt, au bout de trois ou quatre secondes, le sang veineux devint noir, d'autant plus noir que la contraction musculaire était plus intense. De plus, l'écoulement par la veine paraissait beaucoup plus abondant lorsque le muscle était en contraction.

Rapprochant cette observation de celle faite sur la glande salivaire, nous voyons que dans les deux organes la période d'activité mécanique paraît coïncider avec le passage d'une quantité de sang plus considérable. Mais c'est encore là une apparence trompeuse, parce qu'au moment même de la contraction musculaire, les vaisseaux sont comprimés, et le sang se trouve retenu dans les capillaires et ne peut plus passer dans les veines. Lorsqu'on excite le muscle par un courant interrompu, c'est seulement dans l'intervalle très court de relâchement de la fibre musculaire qui se présente quand le courant cesse, que le sang coule noir et plus abondamment. On voit surtout cet écoulement de sang noir dans toute sa plénitude immédiatement après qu'on vient à faire cesser la galvanisation.

Un autre phénomène qui montre toute la complexité de ces questions et doit engager à une grande réserve celui qui aborderait le champ des interprétations, est encore observable sur la glande sous-maxillaire. Jusqu'ici

nous avons fait des observations sur la glande sous-maxillaire sans mutilations, sans dissections, sans couper de nerfs, sans apporter de trouble dans le jeu des fonctions. Mais si, pour porter plus loin nos investigations, nous amenons des perturbations dans les fonctions de l'organe pour reconnaître quels en sont les agents, voici ce que nous constatons : La glande sous-maxillaire reçoit deux espèces de nerfs : l'un qui lui vient de la corde du tympan par le nerf lingual, et un autre qui, partant du ganglion cervical supérieur du grand sympathique, accompagne l'artère carotide externe, se divise et suit les rameaux artériels qui en naissent, et pénètre avec les artérioles qui vont à la glande.

Eh bien, messieurs, chacun de ces nerfs a une action différente sur les fonctions de l'organe et sur la coloration du sang. Voici ce que nous avons observé à cet égard. Dans l'état de repos, le sang, comme vous le savez, arrive rouge par l'artère et sort noir par la veine; quand l'organe est dit en fonction, quand il expulse de la salive, le sang entre encore rouge par l'artère, mais il sort rouge par la veine. Quelle est, dans ce dernier cas, l'influence nerveuse qui détermine l'accomplissement de la fonction et la modification du sang ? Nous le savons déjà, c'est celle du filet qui vient du nerf lingual.

Pour s'en assurer, il n'est pas même nécessaire d'en faire la section ; un peu de vinaigre mis dans la gueule de l'animal produit une excitation qui, perçue par le nerf lingual, remonte vers l'encéphale, est réfléchie par la corde du tympan, et agit sur la glande, dont on voit s'écouler la salive.

On s'assure que les choses se passent bien ainsi en faisant la contre-épreuve, en coupant le nerf et mettant après cela du vinaigre dans la gueule de l'animal : on n'obtient plus rien.

On peut encore alors se convaincre que le fait de la sécrétion apparente est bien déterminé par une action motrice, en galvanisant les bouts du nerf coupé : la galvanisation du bout central ne produit absolument rien ; la galvanisation du bout périphérique produit la salivation. C'est donc bien, dans tous les cas, l'action de ce nerf qui préside à la sécrétion.

Lorsque ce nerf n'agit pas, que ce soit le résultat de sa section, que ce soit faute d'excitation, le sang redevient noir dans les veines. Pourquoi ? Est-ce simplement parce que l'influence qui le rendait rouge cesse d'intervenir, ou bien parce qu'une autre cause agit pour le rendre noir ? En d'autres termes, doit-on admettre deux sortes de nerfs, l'un laissant le sang rouge, l'autre le rendant noir ? — C'est, en effet, ce qui semblerait avoir lieu. Le sang redevient noir parce que le nerf venant du grand sympathique agit. Si nous venons à couper le grand sympathique au moment où il va pénétrer dans la glande, l'organe étant en repos, le sang ne sort plus noir, mais rouge, bien que la glande n'expulse pas son produit. Plus tard nous verrons que cette part d'influence du grand sympathique n'a lieu que lorsqu'on coupe le filet au-dessus du ganglion cervical supérieur ; c'est donc au ganglion qu'il faut s'adresser pour remonter vers l'origine de cette influence qui rend le sang noir. Vous voyez combien, à mesure que nous avançons, les

phénomènes se compliquent, et combien les conclusions doivent être réservées; nous éviterons cependant de nous égarer en tenant exactement compte des faits.

Si, après avoir coupé ce filet venant du sympathique, on galvanise son bout périphérique, celui qui tient à la glande, on voit presque aussitôt le sang redevenir noir dans la veine. Pendant cette galvanisation, la sécrétion est généralement arrêtée; mais dès qu'on la cesse, il y a écoulement de salive, peu durable, il est vrai, et le sang devient rouge dans la veine.

Nous vous avions déjà dit que quand on a coupé le grand sympathique dans le cou, le sang revient rouge par les veines, et qu'en galvanisant le bout supérieur, on le rend noir en même temps qu'on diminue la quantité qui passe dans les vaisseaux dans un temps donné.

Si le fait sur lequel je viens d'appeler votre attention était général, et ce n'est pour le moment qu'une hypothèse, il faudrait reconnaître dans chaque organe deux ordres de nerfs, les uns agissant sur les tissus propres de l'organe, les autres sur les vaisseaux qui parcourent cet organe pour les élargir ou les faire contracter.

Sur ce lapin auquel nous avons coupé le filet cervical du sympathique, le sang revient rouge de la tête; c'est exactement ce qui a lieu pour la glande salivaire quand on a coupé le rameau qui lui vient du système nerveux ganglionnaire. De même qu'en galvanisant ce filet coupé, nous avons fait redevenir le sang noir dans les veines de la glande sous-maxillaire, de même chez ce lapin nous ferions redevenir noir le sang veineux qui

descend de la tête en galvanisant le bout supérieur du filet cervical coupé.

Si maintenant nous voulions tirer des conclusions des faits que je viens de vous signaler, nous arriverions presque invariablement à des contradictions qui ne pourraient être levées que par de nouveaux faits.

Ainsi, nous voyons, après la section du sympathique, la température augmenter dans le côté correspondant, en même temps que cesse la coloration noire, signe de la transformation veineuse. Si nous voulions ici établir un rapport entre la cause de l'élévation de la température et le phénomène de la vénosité, nous nous trouverions conduit à un résultat opposé à celui qui semble découler de nos observations précédentes. Il est donc nécessaire d'attendre de nouveaux faits avant de vouloir généraliser ; conservons seulement les résultats constatés et ne les abandonnons pas pour des suppositions : chacun d'eux peut devenir le point de départ de recherches très instructives.

Je crois que, relativement aux glandes, le fait de la diversité de coloration de leur sang veineux que nous avons annoncé est un fait nouveau. Depuis longtemps cependant il était connu qu'il pouvait y avoir du sang veineux rouge dans certaines conditions. Je vais vous rappeler ces faits. Trahrah, cité par Burdach, avait dit que lorsqu'on coupe un membre en respectant seulement l'artère et la veine, le sang revient rouge par la veine. Il avait dit de plus, que si, mettant à nu le nerf qui se ramifie dans la partie amputée, on le galvanise et qu'on détermine ainsi des contractions dans le membre

séparé du tronc, le sang revient noir par la veine. Le fait seulement n'avait pas été observé sur les muscles vivants dans les conditions de leur fonctionnement normal. Je dois ajouter cependant que lorsque les nerfs sont coupés et que la température du membre n'est pas très abaissée, le sang continue à sortir noir.

Il est intéressant de voir expliquer, par cette observation que les muscles en repos donnent un sang veineux rouge, certains faits observés antérieurement et qui étaient restés inexpliqués. Ainsi Hunter avait remarqué que dans la syncope, le sang était rouge dans toutes les veines. Or, dans cet état d'inactivité complète du système musculaire, il doit en être ainsi. Le système musculaire est assez prédominant dans les animaux élevés, pour que la coloration du sang veineux qui en sort détermine la teinte générale du sang veineux.

Wagner (1) a observé que les individus vigoureux ont le sang plus noir que les individus faibles; ce fait est encore en rapport avec l'activité plus grande du système musculaire chez les premiers. On pourrait dire le contraire des sujets lymphatiques, si le système glandulaire, arrivant à prendre une importance relative assez considérable, donnait au sang une coloration rouge plus marquée.

On a noté encore la coloration rouge du sang dans les affections typhoïdes graves; là encore elle est en rapport avec l'état d'inertie du système musculaire.

Mais ne nous laissons pas aller à déduire des consé-

(1) *Handwörterbuch der Physiologie*, art. SANG.

quences trop éloignées des faits que nous avons signalés ; et, après avoir reconnu, avec les observateurs qui nous ont précédé, que le sang veineux varie suivant les divers organes, contentons-nous pour le moment d'avoir indiqué qu'il varie, de plus, suivant leur état de repos ou de fonctionnement, et que les apparences différentes sous lesquelles il se présente sont sous la dépendance d'actions nerveuses distinctes. Nous avons rapporté précédemment des expériences que nous avons faites et qui servent de base aux vues que nous avons émises dans cette leçon.

SEIZIÈME LEÇON.

24 FÉVRIER 1858.

SOMMAIRE : Influence de l'acte pulmonaire sur la couleur du sang. — Double effet de la compression de la trachée sur la coloration du sang. — De la désartérialisation dans le système capillaire général. — État de l'oxygène dans le sang. — Comparaison du sang veineux rouge et du sang artériel. — Influence de la température sur l'action de l'acide carbonique sur le sang. — Le sang rouge porte en lui l'agent de sa transformation veineuse. — Relation apparente entre les actes mécaniques et les phénomènes chimiques de la circulation. — Comparaison de l'hématose avec la période excrétoire des sécrétions. — De la formation d'eau dans l'hypothèse d'une production d'acide carbonique par combustion interstitielle. — Expérience.

MESSIEURS,

Nous nous sommes occupés jusqu'à présent des variations de couleur que le sang peut présenter, relativement à sa vénosité, nous allons ajouter quelques mots sur les changements qu'il peut éprouver à ce point de vue dans l'artérialisation. Si nous avons pu avoir du sang veineux rouge, pourrons-nous également avoir du sang artériel noir?

Cette fonction de l'artérialisation, à laquelle on a aussi donné le nom d'*hématose*, s'accomplit dans le poumon. L'accomplissement en est rendu possible par l'acte de l'inspiration et de l'expiration.

L'action du poumon sur le sang a été l'objet d'études nombreuses; les questions qu'elle soulève ont été longuement débattues. Bichat, notamment, distinguant deux espèces de sangs, place dans le poumon la limite où

finit le système à sang noir et où commence le système à sang rouge ; l'importance qu'il attache aux propriétés spéciales qu'il attribue à chacun d'eux fait de l'hématose la fonction la plus nécessaire à l'entretien des phénomènes vitaux.

Nous devrons revenir sur ces questions, et rechercher si les fonctions propres à chaque tissu sont entretenues dans leur intégrité par le sang artériel ou par le sang veineux.

Jusqu'à présent nous avons seulement établi que s'il est juste, d'une manière générale, de reconnaître deux sortes de sangs, le sang noir et le sang rouge, il ne faudrait pas cependant prendre cette distinction trop à la lettre, et regarder la couleur comme caractéristique du sang des veines ou du sang des artères. Sans rechercher ce qui se passe dans les conditions pathologiques, et restant dans les faits physiologiques, nous avons vu que la couleur du sang veineux n'était pas seulement en rapport avec le point du système circulatoire où on l'examine, mais aussi avec l'état fonctionnel des organes d'où il vient. Nous vous avons, à ce sujet, rendus témoins d'expériences décisives, dont nous avons pu vous donner la démonstration expérimentale, parce que nous avons pu prolonger les effets en soumettant les animaux en expérience à la respiration artificielle.

Mais tenons-nous-en pour le moment au phénomène de la coloration examiné en bloc. Quand le sang arrive au poumon, il est noir ; la masse du sang veineux est donc noire. D'où vient cette coloration ?

Nous vous avons déjà dit que la contraction muscu-

laire est une des causes principales de la vénosité. La grande quantité relative du tissu musculaire et la continuité de son état d'activité fonctionnelle font qu'il peut donner à la masse totale du sang veineux la couleur qui est propre au sien. C'est en effet ce qui a lieu, et depuis longtemps déjà on a noté que le sang veineux est plus rouge pendant le sommeil que pendant la veille.

En se plaçant à ce point de vue exclusif de la coloration pour juger les phénomènes qui apportent une modification aux conditions d'existence ou de régénération du sang, on serait encore amené à confondre entre eux les effets de l'asphyxie et ceux de l'activité musculaire. Quelquefois, en effet, le sang traverse les poumons sans y devenir rouge; toujours on conclut dans ce cas à l'asphyxie par défaut d'oxygène. En est-il toujours ainsi? — Je ne le pense pas; on peut expliquer autrement cette persistance de la couleur foncée du sang.

En effet, si l'on bouche la trachée d'un animal, on voit le sang devenir noir dans ses artères. Deux causes agissent dans ce cas pour produire ce résultat : l'obstacle apporté à l'accès de l'air et les mouvements généraux musculaires considérables par lesquels réagit l'animal menacé de suffocation. Je crois que le sang revient plus noir et circule en apparence en plus grande quantité, d'abord sous l'influence de l'état de contraction générale du système musculaire. Voici sur quel fait repose cette opinion : On pratique sur un animal la trachéotomie, après quoi on comprime le larynx au-dessus de la plaie. La respiration reste libre, il n'y a par conséquent pas

asphyxie; cependant la constriction du larynx produit une sensation telle que l'animal arrête sa respiration ou se débat violemment, et le sang devient noir dans les artères.

En somme, nous voyons arriver dans les poumons un sang noir qui vient surtout des muscles. Une fois dans les poumons, il prend un aspect et des propriétés nouvelles; c'est à l'ensemble de ces modifications qu'on a donné le nom d'hématose.

L'analyse des gaz qui sortent du poumon a semblé devoir donner immédiatement la clef des phénomènes qui caractérisent ce changement d'état. Il y a dans le poumon échange de gaz entre le sang et l'air : de l'acide carbonique est expiré, de l'oxygène absorbé; il semble que dès lors l'explication doive être fort simple. Ce phénomène d'échange gazeux se reproduit, en effet, lorsqu'au lieu d'opérer sur l'animal vivant, on examine le sang hors de l'organisme, dans des vases inertes. On voit alors qu'au contact de l'air, le sang respire comme il faisait dans le poumon; il se charge d'oxygène, abandonne de l'acide carbonique, et devient rutilant. Jusqu'ici tout s'explique parfaitement; mais suivons le sang qui vient de se charger d'oxygène dans le poumon. Que devient-il lorsqu'une fois lancé dans le système artériel, il arrive au contact des tissus? On admet ici encore qu'il y a échange entre les gaz du sang et ceux que peuvent fournir les tissus. Dans le poumon il y avait abandon d'acide carbonique et absorption d'oxygène; on admet qu'au contact des éléments anatomiques des organes, le contraire a lieu, et que ceux-ci prennent au sang son oxygène et lui abandonnent de l'acide carbonique. Je

ne crois pas que cette opinion soit exacte; il me paraît impossible que le sang abandonne son oxygène pour prendre par simple échange de l'acide carbonique.

On voit bien que lorsqu'il s'agit de l'échange gazeux qui s'accomplit dans le poumon entre l'oxygène et l'acide carbonique, on peut, hors de l'animal vivant, reproduire les phénomènes qui le caractérisent. Il n'en est plus de même lorsqu'on essaye de reproduire artificiellement l'échange gazeux que la théorie suppose se faire dans le système capillaire général entre l'acide carbonique et l'oxygène par son agitation avec l'air dans un tube. Le sang a pu abandonner son acide carbonique et prendre de l'oxygène; mais si nous agitons maintenant du sang artériel dans les mêmes circonstances avec de l'acide carbonique, il pourra bien dissoudre une certaine quantité d'acide carbonique, mais il n'abandonnera pas son oxygène. En dehors de l'économie, l'acide carbonique ne paraît donc pas déplacer l'oxygène : en serait-il autrement au sein des tissus vivants? — Il me paraît impossible de l'admettre en présence de faits qui, s'ils ne donnent pas une démonstration immédiate du contraire, rendent du moins cette hypothèse infiniment peu vraisemblable.

Une expérience que nous avons faite ici l'année dernière montre que quand le sang absorbe l'oxygène, il le retient bien. Dans cette expérience nous nous proposions d'enlever directement son oxygène au sang artériel, désireux de voir si les troubles fonctionnels de l'asphyxie en seraient la conséquence. Pour cela, nous avions eu recours à l'acide pyrogallique, réactif qui

dans un milieu alcalin s'empare de l'oxygène qu'il absorbe complétement. Le sang étant alcalin, l'injection d'une solution d'acide pyrogallique dans le système circulatoire semblait devoir dépouiller de leur oxygène les globules sanguins. Or, il n'en a rien été, l'acide pyrogallique injecté a été rendu par les urines sans avoir subi d'altération, sans avoir, par conséquent, enlevé l'oxygène aux globules du sang.

De cette impossibilité d'enlever l'oxygène des globules sanguins par l'acide carbonique et par l'acide pyrogallique, nous devons conclure que dans le sang l'oxygène n'est pas libre, qu'il ne s'y trouve pas à l'état de simple dissolution, mais enfermé dans une sorte de combinaison ; de plus, n'étant pas dans un milieu gazeux dans les capillaires, il n'est pas facile à déplacer. Lorsque le sang devient noir en traversant les tissus, ce n'est donc pas en prenant de l'acide carbonique en échange de l'oxygène qu'il leur abandonnerait. Les expériences que nous avons faites sur le sang veineux qui reste rouge semblent encore confirmer cette opinion.

Vous savez, par suite de ce qui se passe dans la glande sous-maxillaire, que lorsqu'une glande excrète sa sécrétion le sang veineux qui en sort est rouge, que lorsque l'excrétion n'a pas lieu ce sang est noir. A quoi tient cette différence ? — Je crois pouvoir surtout l'attribuer à la différence énorme que présentent dans les deux cas les phénomènes mécaniques de la circulation ; cette dernière, très active lorsque la glande donne du sang rouge, se ralentit considérablement lorsqu'elle fournit du sang noir. Dans une expérience

sur la glande sous-maxillaire où la veine laissait écouler en bavant du sang noir, la galvanisation du nerf tympanico-lingual, en même temps qu'elle produisit une abondante sécrétion de salive, fit apparaître dans la veine une grande quantité d'un sang rouge qui s'échappait par jets comme s'il fût sorti d'une artère.

Lorsque les veines glandulaires contiennent du sang rouge, la circulation est donc considérablement activée. Mais poursuivons nos recherches et voyons maintenant quels sont les caractères de ce sang, et si la connaissance de ces caractères peut nous être de quelque utilité pour élucider la question qui nous occupe.

Le sang qui sort d'une glande en activité est rouge; serait-ce parce qu'alors le sang reste artériel? En voyant cette couleur rouge du sang veineux nous avons dû nous demander si lorsque l'organe fonctionne pour sécréter, les phénomènes nutritifs n'y seraient pas arrêtés et si le sang ne le traverserait pas alors sans être modifié. Cette hypothèse ne serait cependant pas d'accord avec tous les faits; le sang veineux rouge n'est pas identique en tout point avec le sang artériel. Son apparence est un peu différente quelquefois; il ne coagule pas toujours aussi bien, mais il en diffère surtout en ce que rouge comme lui au moment où on le recueille il devient noir très vite, surtout si on le maintient à la température du corps; au froid, il conserve sa couleur rouge plus longtemps. Le sang artériel ordinaire reste au contraire rouge ou ne devient noir que très lentement. Au moment de la saignée, le sang artériel et le sang veineux rouge ne diffèrent pas par leur couleur; mais

une demi-heure ou une heure après, ils ne se ressemblent plus du tout, le premier est toujours rouge, et le second est devenu noir comme du sang veineux ordinaire. Il est donc évident que le sang veineux a été modifié; cette modification qui ne lui a pas immédiatement donné la couleur noire que donnerait à la température du corps la dissolution de l'acide carbonique, il l'a reçue cependant jusqu'à un certain point. Toutefois si c'est à l'acide carbonique que le sang veineux examiné doit sa couleur noire, il est impossible d'admettre qu'un échange gazeux se soit effectué au contact des tissus.

L'observation et la critique des faits nous montrent clairement que c'est dans le poumon que le globule sanguin prend son oxygène; mais, s'il est vrai, et nous sommes très disposé à l'admettre, que le sang veineux doive sa coloration noire à l'acide carbonique, nous devons reconnaître que la modification, en vertu de laquelle son oxygène se transformerait en acide carbonique, peut s'effectuer directement en lui et pas nécessairement au contact immédiat des tissus.

Le sang qui, ayant traversé les capillaires, en sort rouge, deviendra donc noir plus vite que s'il n'avait pas traversé le tissu. Lorsqu'il sort noir du système capillaire de la glande, c'est quand la circulation s'y fait lentement: la transformation du sang artériel en sang veineux, noir, a eu le temps de s'y effectuer tandis qu'elle ne peut plus se faire dans l'organe quand la circulation est trop rapide, et le sang reste à l'état de sang veineux rouge.

Après la section du nerf sympathique cervical, on

voit également le sang revenir rouge par les veines du cou; cette coloration rouge du sang veineux coïncide là encore avec une augmentation de la pression, une rapidité plus grande de la circulation, une plus forte production de chaleur, etc. Quant aux propriétés de ce sang veineux rouge, par suite de la section du sympathique, elles sont les mêmes que celles du sang veineux rouge des glandes, il redevient rapidement noir après qu'il a été extrait des vaisseaux.

Je crois donc que le sang veineux qui offre la coloration rutilante du sang artériel est rouge parce qu'il a passé très vite dans les organes dans lesquels il n'a pas eu le temps de devenir noir. La conclusion à en tirer serait que le sang qui traverse les tissus dans le réseau capillaire ne leur cède pas son oxygène. Comment donc alors s'effectue la nutrition?

C'est là, Messieurs, une question qu'il serait prématuré de prétendre résoudre complétement. Les faits nous permettent à cet égard beaucoup d'hypothèses; attachons-nous à celles de ces hypothèses qui dans l'état actuel de nos connaissances sont susceptibles d'une vérification expérimentale.

Si dans le système des vaisseaux capillaires, le sang abandonnait son oxygène et prenait de l'acide carbonique, il deviendrait toujours noir instantanément. C'est du moins ce qui arrive hors de l'organisme lorsqu'on se place dans les conditions de température voisines de celles qui se rencontrent chez l'être vivant, comme le montre l'expérience suivante. Du sang artériel de la carotide d'un jeune chien fut défibriné par le battage; il présentait une

coloration rouge très vive qui persistait à l'air. Par le repos, ce liquide se séparait en deux portions ; l'une transparente était le sérum, l'autre granuleuse formée par les globules formait un précipité d'un rouge vif. Le sang était encore dans cet état le lendemain de son extraction. On agita une portion de ce sang avec de l'acide carbonique, à la température de 10 degrés. Une autre portion fut agitée dans un flacon qui était placé dans de l'eau à la température de 39°. Instantanément, le sang agité à 39° devint noir tandis que l'autre, agité à 10°, resta rouge. Toutefois ce sang devenu noir par son agitation avec l'acide carbonique, pouvait reprendre sa couleur rutilante quand on l'agitait avec de l'air. Voici dans ces deux tubes du sang artériel : l'un des tubes est à une température basse, on y fait passer de l'acide carbonique, la coloration noire est lente à se produire ; mais l'autre est à une température voisine de 35°, nous y faisons passer de l'acide carbonique, le sang devient noir immédiatement. Si donc il y avait dans le tissu échange de l'oxygène du sang contre l'acide carbonique du tissu, on ne comprendrait pas comment le sang pourrait sortir rouge du système capillaire, alors que la température s'y trouve plus élevée que dans les conditions fonctionnelles qui coïncident avec la sortie du sang veineux noir.

Ici, Messieurs, nous sommes dans la nécessité de faire une hypothèse pour nous rendre compte du procédé par lequel l'oxygène peut servir à la nutrition, tout en restant dans le globule sanguin.

Nous venons de voir que ce n'est pas de l'acide

carbonique que les tissus semblent céder au sang. A son arrivée dans le poumon et même dans les troncs veineux, le sang contient cependant de l'acide carbonique, il faut donc qu'il lui ait été cédé du carbone. Mais ce carbone ne paraissant pas avoir été cédé à l'état d'acide carbonique par le tissu, il est infiniment probable que l'acide carbonique du sang veineux résulte d'une oxydation qui s'est effectuée dans le globule sanguin lui-même. Lorsque le sang traverse les capillaires, il y aurait entre lui et les tissus non échange de gaz mais peut-être échange de liquides. Par suite des conditions nouvelles que créerait cet échange, l'oxygène du globule serait en partie employé à oxyder le carbone du globule lui-même.

Cette explication, d'accord avec les faits que je vous ai exposés aujourd'hui, emprunterait encore un argument à une observation sur laquelle j'ai déjà appelé votre attention : vous savez, en effet, que lorsqu'on met du sérum veineux en présence d'un caillot artériel, celui-ci devient noir. Il semble donc que la modification ait son point de départ dans le sérum. En résumé il faut un corps qui dans le sang abandonne du carbone ; mais, je le répète, les faits que je vous ai rappelés tout à l'heure ne permettent pas d'admettre que ce carbone ait été cédé par les tissus à l'état d'acide carbonique, ni que cet acide carbonique se soit substitué directement à l'oxygène des globules sanguins.

Dans le poumon, nous avons vu se faire un échange de gaz entre l'air et le sang ; dans le système capillaire, un échange aurait lieu encore, mais cette fois ce serait un échange de matériaux liquides. Cet échange paraît

constant, et le sang veineux, quoique rouge, diffère déjà du sang artériel. Remarquez toutefois, Messieurs, que cette différence entre le sang veineux et le sang artériel ne serait pas une différence fondamentale ; les sangs sont constitués par les mêmes éléments qui s'y trouveraient seulement dans des proportions différentes. Qu'on recueille du sang artériel rutilant dans un flacon, qu'on bouche bien ce flacon et qu'on le conserve, le sang artériel n'y restera pas toujours rouge. La coloration noirâtre qu'il finira par prendre dans cette condition ne dépendra pas du contact de l'air qu'il a subi en passant de l'artère dans le flacon, car si, posant sur une artère une double ligature on recueille quelque temps après le sang compris entre les deux ligatures, on le trouvera noir. Assurément on ne saurait invoquer dans ce dernier cas, pour expliquer sa coloration, un échange de matériaux entre ce sang et les tissus capillaires. Il faut donc que le sang porte en lui la cause qui lui donne la coloration regardée jusqu'ici comme caractéristique du sang veineux : à l'entrée des organes il est rouge, au sortir de ces organes il est rouge ou noir, noir si la circulation est lente, rouge si la circulation est rapide. On peut dire, dans ce dernier cas, que le sang a traversé les tissus trop vite, qu'il n'a pas eu le temps d'y devenir noir, mais qu'il a cependant éprouvé quelque chose qui lui fera prendre plus vite cette couleur.

J'appellerai votre attention sur un dernier fait qui doit être rapproché de ces phénomènes chimiques et que je voudrais arriver à expliquer.

Les phénomènes chimiques ou physiques qui s'accom-

plissent chez les êtres vivants ne peuvent jamais être contraires à ceux qui s'accomplissent au dehors de l'organisme, seulement il y a chez les animaux adjonction de conditions nouvelles qui peuvent donner aux phénomènes une apparence autre. Lorsqu'on examine dans les laboratoires quels phénomènes accompagnent la formation d'acide carbonique, on est frappé tout d'abord de la production de chaleur qui les accompagne. Cette notion a été appliquée aux phénomènes de la vie, et on a vu dans la formation de l'acide carbonique la source de la chaleur animale. Si nous rapprochons cette donnée de nos observations, et si nous admettons que le sang doit sa coloration noire à l'acide carbonique qu'il tient en dissolution, nous voyons qu'il n'y a pas ici coïncidence entre l'élévation de température et la coloration noire du sang.

Ainsi, après la section du sympathique au cou, le sang veineux est rouge et plus chaud que lorsqu'il coule noir. Si dans cette expérience, nous galvanisons le bout ascendant du sympathique coupé, nous voyons le sang redevenir noir ; aussitôt la température baisse, mais en même temps la circulation est ralentie. L'augmentation de chaleur coïncide donc plutôt avec l'accélération de la circulation, avec l'activité plus grande des phénomènes mécaniques. Ce fait paraîtrait au premier abord devoir donner raison aux mécaniciens qui font dériver la chaleur des frottements qui s'accomplissent dans le mouvement circulatoire. Mais, si nous voulions généraliser, nous aurions immédiatement contre nous le fait des lapins dont la moelle épinière est coupée et dont le sang reste rouge dans les veines en même temps

que la pression dans les artères est considérablement diminuée. Toutefois, il y a ceci de favorable aux mécaniciens que dans ce dernier cas la température s'est beaucoup abaissée.

Maintenant, Messieurs, les vues que nous venons d'émettre pourraient être trop exclusives, et il pourrait se faire qu'en même temps que le passage trop rapide du sang empêche la formation de l'acide carbonique, il y eût aussi élimination de l'acide carbonique formé par le liquide excrété. Quand on a observé un fait, il est naturel de tendre de suite à le généraliser, et à le considérer comme condition exclusive d'un phénomène. Cette tendance est dangereuse en physiologie où les faits très complexes reconnaissent ordinairement des causes variées.

Nous avions vu que du poumon le sang sort rouge, que des autres tissus il peut aussi, dans certaines circonstances, sortir du sang rouge. Dès lors ne pourrait-on pas rapprocher ces résultats et se demander si l'explication qui rend compte de la rutilance du sang qui sort du poumon n'est pas applicable aux autres organes?

Dans le poumon, nous voyons qu'au contact de l'air il y a expulsion de certains matériaux : de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau. Quand les glandes sécrètent et abandonnent un sang veineux rouge, elles sont dans une condition différente de celle qui caractérise l'état de non-sécrétion, qui en même temps les rapproche du poumon; elles expulsent de l'eau.

Vous voyez maintenant quelle est l'hypothèse à faire :

Les choses se passent tout différemment selon que le sang traverse une glande en repos ou en activité. Dans le premier cas, lorsque la glande est en repos, le sang traverse un organe qui ne rejette rien au dehors. Le contraire a lieu dans le second cas. Si donc il est juste de penser que dans le poumon la rutilance du sang doive être attribuée à l'expulsion de l'acide carbonique, nous nous demandons s'il ne pourrait pas se faire que de l'acide carbonique fût expulsé par les glandes avec les produits de sécrétion.

C'est en effet ce qui a lieu, et nous avons reconnu que tous les liquides expulsés par les organes glanduleux contiennent beaucoup d'acide carbonique. Sous ce rapport, bien des résultats étaient connus et nous n'avons eu qu'à les relever. Ainsi on savait que certains organes agissent comme le poumon pour expulser de l'acide carbonique, non plus à l'état gazeux, mais en dissolution ou engagé dans des combinaisons à l'état de carbonates et bicarbonates.

Vous savez que l'urine des herbivores surtout est chargée de carbonates alcalins. Voici de l'urine de lapin, elle est alcaline; quelques gouttes d'acide azotique y déterminent une vive effervescence, un dégagement considérable d'acide carbonique, et la liqueur de trouble qu'elle était, devient tout à fait limpide. La veine rénale emporte donc du rein un sang auquel cet organe a enlevé de l'acide carbonique; or ce sang est rouge.

Mais, dira-t-on, cette explication satisfaisante dans le cas particulier des urines alcalines des herbivores, cesse d'être applicable aux carnivores dont les urines

sont acides bien que chez eux aussi la veine rénale charrie un sang rouge. Messieurs, dans ce cas encore l'urine contient une très grande quantité d'acide carbonique. Hier nous avons pris de l'urine d'homme, de l'urine acide, et nous l'avons fait bouillir sur le mercure pour recueillir les gaz qu'en chasserait l'ébullition; or, ce gaz contenait une forte proportion d'acide carbonique, comme vous pouvez en juger par son analyse. Le gaz obtenu de l'urine contenait en centièmes :

Acide carbonique.	78,81
Oxygène	2,55
Azote.	18,64
	100,00

Une autre observation que nous vous avons déjà rapportée vient établir une nouvelle analogie entre le rein et le poumon considérés au point de vue qui nous occupe. Chez les mammifères, le poumon reçoit du sang noir et rend du sang rouge, tandis que le rein qui rend du sang rouge a reçu du sang artériel parfaitement rutilant. Or, cette condition différente n'enlève pas au phénomène que nous étudions ici son caractère propre, car nous avons vu chez les grenouilles le rein rendre du sang rouge après avoir reçu du sang noir, comme le poumon. Chez ces animaux, en effet, le sang arrive au rein par une espèce de veine porte qui, amenant le sang veineux noir des membres inférieurs, se ramifie dans cet organe à la manière d'une artère qui se continue, par l'intermédiaire du réseau capillaire rénal, avec la veine afférente qui emporte du sang rouge. Nous aurions à essayer si, par quelques moyens, nous arriverions à faire pénétrer du sang noir dans

les reins chez les mammifères; et si, dans ce cas, il sortirait rouge par les veines rénales. Ainsi se trouverait complétée l'analogie que nous avons été conduit à constater entre la circulation rénale et la circulation pulmonaire. On pourrait admettre que dans ces cas le sang artériel qui a servi à la nutrition de l'organe, y est devenu veineux; puis qu'une sécrétion étant venue lui enlever de l'acide carbonique, il a repris l'aspect rutilant du sang artériel.

Si de l'examen de l'urine nous passons à celui des liquides salivaires, nous les trouvons aussi chargés d'une grande quantité d'acide carbonique à l'état de carbonates.

Lorsque ces organes ne fonctionnent pas, qu'aucun produit de sécrétion n'est expulsé, l'acide carbonique formé ne sortirait pas et le sang resterait noir.

Nous vous avons dit cependant que le sang veineux qui est sorti rouge de la glande peut devenir noir spontanément. Pour bien comprendre ce qui se passe dans ces circonstances, il est nécessaire de tenir compte d'un autre fait dont je vous donnerai la preuve : le sang en traversant les tissus ne perd pas complétement son oxygène; le sang veineux en contient encore beaucoup. Le sang qui a traversé un organe glandulaire et s'y serait débarrassé d'une certaine quantité d'acide carbonique, conserve cependant de l'oxygène qui lui permettrait de former plus loin de l'acide carbonique et de devenir noir. Les organes sécréteurs auraient donc du sang veineux rouge, parce que le sang qui les traverse a été débarrassé d'une plus ou moins grande proportion de son acide carbonique pendant la sécrétion.

Cette vue nous rendrait parfaitement compte de ce

que nous avons observé dans les muscles d'où le sang sort noir, parce que aucune action n'est intervenue pour en chasser l'acide carbonique qui s'y est formé. Aussi le sang veineux des muscles est-il d'autant plus noir que la formation d'acide carbonique a été plus considérable, ce qui, vous le savez, est en raison de l'activité fonctionnelle plus grande du système musculaire.

Je ne dois pas ici passer sans vous donner des explications sur un autre fait relatif à la propriété qu'a le sang de sortir rouge du système capillaire dans certaines circonstances. Nous venons de voir ce qui a lieu dans les glandes; examinons maintenant comment les choses se passent lorsqu'on a coupé le filet cervical du grand sympathique, et voyons si l'explication donnée pour les glandes peut encore rendre compte de la couleur rutilante du sang qui, dans cette circonstance, revient de la tête.

Après la section du sympathique le sang n'est pas également rouge dans les veines du cou chez tous les animaux. Peu rutilant chez le chien, il l'est un peu plus chez le lapin, et est, chez le cheval, tout à fait semblable au sang artériel. A quoi tiennent ces différences? — On pourrait encore se les expliquer en tenant compte de l'effet produit par l'opération sur les fonctions de la peau. Depuis longtemps on avait vu une sueur abondante se montrer du côté de la tête où avait été pratiquée la section; ce phénomène avait été noté mais non rattaché à la lésion produite. D'un autre côté, des expériences ayant montré que la peau respire, il paraît infiniment probable que la peau elle-même élimine alors de

l'acide carbonique dans la sueur. Les différences de couleur observées suivant qu'on opère sur des chiens, des lapins ou des chevaux, peuvent tenir aux variations que subit, suivant les espèces, la fonction respiratoire cutanée. Chez le chien, la respiration cutanée est faible; chez le cheval, elle est intense.

Les vues que je vous ai annoncées paraissent très probables, et on pourrait croire que les organes qui offrent un sang veineux rouge le font parce qu'ils expulsent de l'acide carbonique.

Ce qui a lieu pour les muscles ne viendrait pas à l'encontre de cette conclusion générale. Dans les muscles à l'état de repos le sang sort, sinon rouge, du moins d'un noir moins foncé. Lorsque les muscles viennent à se contracter, l'activité fonctionnelle plus grande entraîne une activité nutritive proportionnelle et une production plus considérable d'acide carbonique qui donne au sang une couleur plus foncée. Toutefois l'acide carbonique ne cesse pas de se produire quand le muscle est en repos; il se produit seulement en quantité moindre.

Une étude intéressante à entreprendre est celle de la quantité des gaz qui se trouvent dans le sang; on n'a à ce sujet que des données insuffisantes. Magnus, à qui l'on doit les travaux les plus complets sur ce sujet, a montré que dans le sang artériel comme dans le sang veineux on trouve à la fois et de l'oxygène et de l'acide carbonique; il ne distingue les sangs que par les proportions relatives de ces deux gaz qu'ils renferment. Ces vues sont exactes; et, d'une façon générale, on pourrait dire que les manifestations

fonctionnelles n'ont rien d'absolu. Lorsqu'il passe à travers le poumon, le sang pourrait n'abandonner pas tout son acide carbonique; et réciproquement, quand du sang artériel entre dans un muscle, ce muscle fût-il énergiquement contracté, il n'y abandonnerait pas tout son oxygène.

D'après toutes ces considérations, nous admettrons que la couleur rouge du sang que nous avons constatée dans les glandes pourrait être rattachée à deux causes : la première, la rapidité plus grande du sang qui n'a pas le temps de se charger d'acide carbonique au contact des tissus; la seconde, la possibilité à l'acide carbonique formé, d'être, quelle que soit sa quantité, éliminé par le liquide qu'expulse l'organe sécréteur.

Un dernier point doit nous arrêter encore aujourd'hui : je vous l'indiquerai seulement, parce qu'il a été pour nous l'objet d'expériences qui ne sont pas terminées.

Admettant pour un instant qu'il s'accomplisse réellement dans les tissus des phénomènes de combustion, phénomènes sur le siége possible desquels nous nous sommes suffisamment expliqué pour n'avoir plus à y revenir ici. Le résultat de cette combustion a été l'oxydation d'une certaine quantité de carbone; mais ce résultat ne saurait être unique, et il devrait y avoir eu en même temps formation d'eau. Dans les phénomènes que nous étudions actuellement, y a-t-il, en effet, de l'eau formée? Théoriquement on dit que oui; mais on n'a apporté à l'appui de cette assertion aucune preuve directe. Il faudrait chercher à voir s'il en est réelle-

ment ainsi. J'ai pensé pouvoir arriver à cette vérification.

Nous avons, pour cela, pris un gros chien sur lequel nous avons mis à découvert la glande sous-maxillaire, son conduit excréteur dans lequel nous avons engagé un tube, puis la veine de la glande, unique et assez volumineuse dans ce cas particulier, et enfin l'artère de la glande. Alors nous avons isolé le nerf tympanico-lingual et l'avons galvanisé. Au même instant il y eut écoulement de salive et le sang s'écoula par la veine, rouge, en un jet assez fort pour faire paraître les pulsations du bout de la veine coupée. Ce sang fut recueilli ; on reçut en même temps la salive qui s'écoulait par le conduit excréteur et du sang artériel qui fut pris à une branche voisine émanant de la carotide.

Il est évident que la salive produite dans cette expérience a dû prendre son cour quelque part, soit aux tissus, soit au sang. Sa partie aqueuse a-t-elle été fournie par le sang artériel qui arrivait à la glande ? C'est ce que pourrait peut-être nous apprendre l'examen comparatif du sang artériel et du sang veineux recueilli pendant l'expérience. Si l'eau de la salive vient du sang, nous devons la trouver en moins dans le sang veineux ; si nous en trouvions au contraire autant dans le sang veineux que dans le sang artériel, il faudrait qu'indépendamment de l'eau du sang, il s'en fût formé aux dépens de ses autres éléments.

Cette expérience a été faite deux fois sur le même animal ; chaque fois les liquides ont été recueillis pour

être examinés comparativement. Voici les résultats auxquels nous a conduit leur examen.

On a trouvé pour cent parties en poids :

	Sang veineux.	Sang artériel.
Eau.	74,57	78,04
Résidu sec	25,43	21,96
	100,00	100,00

Le sang artériel a donc perdu de l'eau en traversant la glande. La sécrétion semble ainsi pouvoir être fournie par le sang, sans qu'il soit nécessaire d'admettre qu'il y ait eu formation d'eau dans la glande.

DIX-SEPTIÈME LEÇON.

26 FÉVRIER 1858.

SOMMAIRE : Recherche des gaz du sang. — Oxygène et acide carbonique. — Formation d'acide carbonique dans le sang hors des vaisseaux. — Insuffisance des procédés de dosage par déplacement ou par le vide. — Influence de la température sur l'application de ces procédés. — Expériences.

MESSIEURS,

En poursuivant l'étude des conditions physiologiques de la couleur du sang, nous avons à nous occuper de l'influence des gaz et particulièrement de celle de l'oxygène. Nous aurons à déterminer les proportions de ces gaz; mais dans l'appréciation des quantités d'oxygène et d'acide carbonique qui existent dans le sang, on n'est pas parvenu à éviter une cause d'erreur qui tient aux propriétés mêmes du sang : le sang use constamment son oxygène et le transforme en acide carbonique.

Si on met dans un tube du sang avec de l'oxygène, on constate, au bout de 24 heures, qu'une certaine quantité d'oxygène a disparu et a été remplacée par de l'acide carbonique. Cet acide carbonique est-il celui que le sang tenait primitivement en dissolution, ou a-t-il été formé dans le tube, est-on en présence non-seulement de l'acide carbonique qui était dans le sang, mais aussi de celui qui a pu se former aux dépens de l'oxygène? Ce qui porte à admettre que l'acide carbonique provient de ces deux sources, c'est la grande variété des quantités

d'acide carbonique que peut fournir un même sang dans diverses circonstances.

On peut voir, par exemple, qu'en épuisant, avec de l'hydrogène le sang de l'acide carbonique qu'il contient et qu'en laissant ensuite le même sang reposer pendant 24 heures, on retrouve par le même moyen une nouvelle quantité d'acide carbonique qu'on peut enlever de nouveau. Puis, soumettant le sang une troisième fois à l'action de l'hydrogène, on trouve encore de l'acide carbonique quoique en moins grande quantité. Cette formation d'acide carbonique finirait probablement par s'épuiser avec la disparition de l'oxygène contenu primitivement dans le sang; a moins toutefois que cet acide carbonique ne provînt du dédoublement par fermentation de quelque matière neutre contenue dans le sang; ce dont on pourrait s'assurer d'ailleurs en ajoutant par exemple a deux sangs ainsi épuisés, du sucre pour l'un, et de l'oxygène pour l'autre. Mais dans tous les cas ces expériences prouvent que dès que le sang a séjourné quelques heures hors des vaisseaux, les proportions des gaz ne sont plus les mêmes que celles qui existaient dans les vaisseaux pendant la vie.

Sous ce rapport donc, toutes les expériences par déplacement des gaz du sang au moyen de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote, etc., ne peuvent pas être rigoureuses, lors même qu'on y ajouterait le vide, parce que l'oxygène, qui par l'agitation du sang, a été déplacé avec l'acide carbonique peut lui-même donner naissance à de l'acide carbonique. Dans ces cas, l'erreur consiste en ce qu'on trouve une quantité

d'oxygène moindre que celle qu'on devrait trouver.

Il faut encore, dans ces analyses, tenir grand compte de la température à laquelle le sang se trouve soumis.

Lorsque la température est basse, le déplacement des gaz se fait beaucoup plus difficilement que lorsque la température est élevée, etc.

Lorsqu'on veut par exemple connaître la proportion d'acide carbonique qui existe dans le sang, on peut essayer de le déplacer avec l'air, mélange d'oxygène et d'azote ne contenant pas d'acide carbonique. Mais l'on voit dans ces expériences que la quantité d'acide carbonique que l'on trouve est d'autant plus grande qu'on laisse plus longtemps séjourner l'air avec le sang, quoique le déplacement soit susceptible d'être très rapide. C'est ce que prouvent les expériences qui suivent et qui ont été faites dans le but de déplacer l'acide carbonique du sang.

Exp. (19 février 1858). — Sur un cheval, ayant une maladie de la peau et étant en fort mauvais état, on mit à découvert l'artère coronaire labiale et en même temps on découvrit la veine jugulaire; la couleur du sang de cette veine était médiocrement noire.

On découvrit alors le sympathique du même côté (gauche), et on en fit la ligature. Au bout de quelques instants la température de l'oreille correspondante augmenta, cette oreille se couvrit de sueur; l'ouverture palpébrale de l'œil correspondant était plus petite, etc. La couleur du sang veineux de la jugulaire était devenue rouge, un rameau de la même veine qui sortait de la parotide contenait également du sang plus rouge. Alors

on galvanisa le grand sympathique : on vit, sous cette influence, l'œil correspondant se dilater et le sang de la jugulaire devenir noir.

Alors on recueillit du sang artériel par l'artère coronaire; aussitôt après la section du sympathique, ce sang était rutilant et coulait à gros jets; pendant la galvanisation, le sang sortait toujours rouge, mais il coulait à petits jets.

Au bout de deux heures ces deux sangs artériels recueillis avant et pendant la galvanisation ne se ressemblaient pas. Le sang obtenu pendant la galvanisation était devenu très noir et il donnait une couenne bien nette. Le sang obtenu avant la galvanisation était moins noir et présentait une couenne plus faible. Ce dernier caillot était aussi plus ferme que le premier.

Relativement au sang veineux, on avait recueilli trois portions:

1° Du sang rouge, après la section du sympathique.

2° Du sang noir, pendant la galvanisation du sympathique.

3° Du sang excessivement noir qui s'écoulait par la même veine au moment où l'animal venait d'être assommé.

(On a remarqué que dans aucun genre de mort, le sang n'est aussi noir que lorsque les animaux viennent d'être très assommés. Le sang est également noir dans les vaisseaux qui répondent au côté du sympathique coupé.)

Après trois heures, ces trois sortes de sang veineux avaient toutes à peu près la même couleur. Toutefois, le

sang recueilli après la section du sympathique était resté un peu plus rouge que les deux autres.

On ajouta ensuite au sang artériel normal et au sang veineux recueillis dans les conditions précédemment indiquées, une quantité égale d'air. On laissa le contact durer trois heures, à la température ambiante qui était basse, en agitant le sang de temps en temps.

On remarqua que pendant l'agitation tous les sangs devenaient rouges; mais après, lorsqu'on les laissa en repos, les sangs veineux reprirent très vite leur couleur noire tandis que le sang artériel seul resta rouge. Il faut ajouter que le sang veineux recueilli pendant la galvanisation devint plus vite noir que les autres.

L'air qui avait été en contact avec ces divers sangs contenait en centièmes:

	Acide carbonique apparu.	Oxygène restant.	Oxygène disparu.
1° Sang artériel normal	0,86	18,36	3
2° Sang veineux normal	0,62	16,14	5
3° Sang veineux rouge (après section du sympathique)	0,60	15,34	6
4° Sang veineux noir (pendant la galvanisation)	0,56	18,18	3

Après cette épreuve on mit de nouveau les mêmes sangs en contact pendant vingt-quatre heures avec des volumes égaux d'air nouveau.

Voici ce qu'on trouva au bout de vingt-quatre heures:

	Acide carbonique apparu.	Oxygène restant.	Oxygène disparu.
1° Sang artériel normal	1,31	19,73	1,7
2° Sang veineux normal	1,19	19,04	1,96
3° Sang veineux rouge	0,90	20,00	1,0
4° Sang veineux noir.	2,70	17,22	3,88

Si l'on compare maintenant les résultats des deux séries d'analyses, on voit que c'est le sang veineux noir pendant la galvanisation qui a fourni le moins d'acide carbonique immédiatement, et le plus, après vingt-quatre heures. Le sang veineux rouge a fourni très peu d'acide carbonique, quoique cependant il ait absorbé une grande quantité d'oxygène.

Exp.— Sur un chien en digestion, déjà affaibli par des expériences antérieures, on ouvrit l'abdomen. Il y avait des vaisseaux lactés très bien injectés sur l'intestin, et le sang de la veine rénale se montrait remarquablement rouge. L'irritation que l'on produisit en passant des fils au-dessous de cette veine, rendit le sang noir. On tira avec une seringue du sang de la veine rénale et de la veine cave ; ces deux sangs, portés sur le mercure, y furent agités avec l'air. Les deux sangs devinrent rouges par cette agitation, mais le sang de la veine rénale beaucoup plus que celui de la veine cave.

On fit alors périr l'animal par hémorrhagie en lui ouvrant l'artère carotide. Le sang sortit rutilant ; mais bientôt la respiration s'arrêta, et cette suspension de la respiration ne faisait pas devenir le sang noir dans les artères quoique le sang fût encore noir dans les veines.

L'air en présence duquel les sangs de la veine rénale et de la veine cave avaient été agités offrait après la composition suivante :

	Veine rénale.	Veine cave.
Oxygène.	17,61	14,75
Acide carbonique.	1,85	2,27
Azote, par différence	80,54	82,98
	100,00	100,00

Ce résultat montre que le sang de la veine rénale a absorbé moins d'oxygène que le sang de la veine cave. En effet, la proportion d'oxygène dans l'air étant de 21 centièmes, il y en a eu 7 absorbés par le sang de la veine cave et 4 environ par celui de la veine rénale. Ceci confirme ce que nous avons dit de la vénosité du sang qui absorberait d'autant plus d'oxygène qu'il est plus veineux, ce qui tendrait à établir que le sang rouge de la veine rénale est moins veineux que celui de la veine cave.

Exp. — Sur un chien en digestion, on isola le sympathique du cou, à 10 heures 30 minutes, et on le coupa. Aussitôt l'oreille devint chaude, etc.

A 3 heures 20 minutes, on retira : 1° du sang de la veine jugulaire du côté où le sympathique avait été coupé ; 2° du sang de cette même veine pendant que l'on galvanisait le bout supérieur du sympathique correspondant ; 3° du sang artériel de la carotide. Ces sangs furent recueillis avec une seringue et portés sous le mercure où on les laissa en contact avec l'air pendant 20 minutes. Il y avait 30 centimètres cubes d'air et 20 centimètres cubes de sang dans chacune des trois expériences.

Dans l'air agité avec le sang artériel on ne trouva pas sensiblement d'acide carbonique. On constata pour le sang veineux recueilli pendant la galvanisation 0,68 d'acide carbonique; et, pour le sang recueilli en dehors de la galvanisation, 1,06.

Exp. — Sur un lapin en digestion, on coupa la moelle épinière au bas de la région cervicale.

Quelque temps après cette opération on ouvrit l'abdomen, et le sang dans les veines rénales et dans la veine porte était excessivement rouge. On prit du sang de la veine porte que l'on mit sous le mercure en contact avec de l'air.

Le lapin qui avait eu ainsi la moelle épinière coupée était considérablement abaissé physiologiquement ; son irritabilité musculaire était augmentée au point qu'on pouvait se servir de ses pattes comme de membres galvanoscopiques, et qu'on en obtint pendant longtemps de fortes contractions en mettant les muscles en contact avec les nerfs.

Le sang fut agité avec une quantité égale d'air ; on examina au bout de quelque temps la composition de cet air et on trouva qu'il contenait pour cent parties.

Oxygène	14,88
Acide carbonique.	2,13

Ce qui prouve que le sang de la veine porte, malgré sa coloration rouge, avait absorbé une assez grande quantité d'oxygène.

Pour éviter la disparition de l'oxygène, nous avons pensé à plusieurs moyens qui pourraient arrêter les phénomènes de transformation dans le sang : la térébenthine, l'alcool, le chloroforme, la créosote, la benzine, etc., et enfin la cuisson que nous avons essayée comme on va le voir par l'expérience qui suit :

Exp. (31 janvier 1858). — Sur un chien adulte, en digestion, on recueillit à l'abri du contact de l'air du sang de l'artère carotide et de la veine jugulaire, puis

on les introduisit dans un flacon avec un volume d'air déterminé ; et le flacon bien fermé et muni d'un tube manométrique bouché par une colonne de mercure pour résister à la tension des gaz, fut placé pendant deux heures dans un bain-marie à la température de 100°.

Soixante centimètres cubes de sang veineux et autant de sang artériel furent mis chacun dans un flacon avec 50 centimètres cubes d'air. Pendant le séjour dans le bain-marie, le gaz qui s'était dilaté considérablement était retenu par la pression de la colonne mercurielle qui constituait un tube de sûreté.

Après deux heures de séjour à 100°, on trouva dans le sang artériel, au lieu de 50 centimètres cubes d'air, 54 centimètres cubes de gaz. La quantité d'air employée pour l'expérience contenait :

Oxygène	10,40
Azote	39,60
	50,00

On trouva que les 54 centimètres cubes de gaz restaient après l'expérience renfermés entre :

Oxygène	10,12
Azote	41,00
Acide carbonique	2,88
	54,00

D'où il résulterait que les 60 centimètres de sang artériel n'auraient pas absorbé d'oxygène ; mais qu'ils en auraient exhalé 2,88 centimètres cubes d'acide carbonique et 1,40 centimètres cubes d'azote.

Le sang veineux, au lieu de 50 centimètres cubes d'air

employés, ne donna après l'expérience que 44 centimètres cubes de gaz qui offrait la composition suivante :

Oxygène	4,53
Azote	35,74
Acide carbonique	3,73
	44,00

D'où il résulte que les 60 centimètres cubes de sang veineux auraient absorbé 5,87 centimètres cubes d'oxygène, 4,86 centimètres cubes d'azote, et auraient exhalé 3,73 centimètres cubes d'acide carbonique.

(*Exp.* 3 février 1858). — Sur un chien très affaibli, on prit dans la veine porte et dans l'aorte abdominale 30 centimètres cubes de sang qui furent mis en contact avec 50 centimètres cubes d'air, puis soumis comme dans l'expérience précédente à une température de 100 degrés.

Après une heure 45 minutes, on ne trouva plus en présence du sang artériel que 47,3 centimètres cubes de gaz ayant la composition suivante :

Acide carbonique	1,88
Oxygène	7,25
Azote	38,17
	47,30

Ce qui montrerait que le sang aurait absorbé 3,5 centimètres d'oxygène, 1,43 d'azote, et exhalé 1,88 d'acide carbonique.

En présence du sang veineux traité de la même manière, on n'a plus trouvé que 49 centimètres cubes de gaz, renfermant :

Acide carbonique	5,15
Oxygène	5,73
Azote	36,12
	49,00

Le sang veineux aurait donc absorbé 4,67 centimètres cubes d'oxygène, 1,48 centimètres cubes d'azote, et exhalé 5,15 centimètres cubes d'acide carbonique.

Ces expériences sont, on le voit, difficiles à exécuter et ne donnent pas des résultats bien satisfaisants. C'est pourquoi nous avons songé à l'emploi d'un autre gaz, l'oxyde de carbone, dont nous vous entretiendrons dans la prochaine leçon.

DIX-HUITIÈME LEÇON.

3 MARS 1858.

SOMMAIRE : Procédé nouveau d'analyse des gaz du sang. — Action de l'oxyde de carbone sur les globules sanguins. — Son emploi pour arriver à déplacer l'oxygène. — Expériences.

MESSIEURS,

Dans la dernière leçon, nous avons examiné divers moyens pour analyser les gaz du sang et les résultats généraux ont été peu satisfaisants. Nous vous avons en même temps signalé les causes d'erreur et les difficultés qui sont inhérentes à ces procédés. En présence de ces difficultés, je me suis demandé s'il n'était aucun moyen qui permît de retirer du sang les gaz qu'il renferme, et surtout l'oxygène. J'avais d'abord songé à l'ébullition ; mais vous avez vu qu'outre les difficultés qu'a offertes ce procédé, on ne peut juger de ce qu'on produira, et on ne sait si on ne se trouvera pas en présence de gaz produits pendant l'épreuve. J'ai pensé à un autre procédé : une expérience faite hier m'a donné des résultats qui m'en font bien augurer.

Je vous ai parlé il y a deux ans de l'action qu'exerce sur les globules sanguins un gaz éminemment toxique, l'oxyde de carbone. Étudiant le mécanisme de la mort par les inhalations de ce gaz, nous avons vu qu'il rendait d'abord le sang rutilant comme l'oxygène, et que l'animal qui succombait à son influence avait du sang rouge partout. L'oxyde de carbone produit sur les glo-

bules sanguins un effet tel qu'il les met dans l'impossibilité d'accomplir leurs fonctions, d'absorber de l'oxygène et de devenir noirs après avoir traversé les capillaires. Bien que l'oxyde de carbone soit moins soluble que l'oxygène, il a cependant la propriété d'être absorbé par le sang et de déplacer l'oxygène qui s'y trouve.

Différents physiciens et chimistes ont pensé, avec raison, qu'il fallait voir dans l'absorption de l'oxygène par le sang autre chose qu'une simple dissolution; ils croient qu'elle est l'effet d'une affinité particulière sur la nature de laquelle on n'est pas encore fixé. Quoi qu'il en soit, cette affinité du sang pour l'oxygène, affinité qui ne paraît pas détruite par les autres gaz, l'est par l'oxyde de carbone; aussi est-ce à ce gaz que nous avons eu recours pour déplacer les gaz contenus dans le sang. L'emploi de l'oxyde de carbone présente ici un autre avantage qui le rend extrêmement précieux dans ce genre de recherches : c'est qu'on peut l'abandonner au contact du sang pendant vingt-quatre heures, sans crainte des oxydations qui pourraient être la conséquence de l'action de l'oxygène. Déplacé par l'oxyde de carbone et en présence de ce gaz, l'oxygène ne s'altère pas, il ne se transforme plus aussi rapidement en acide carbonique.

Exp. — Nous avons pris du sang veineux et du sang artériel à un chien bien portant. Ces deux sangs ont été conservés sous des cloches, en présence de l'oxyde de carbone; puis nous avons hier, après vingt-quatre heures de contact, dosé l'oxygène qui avait été abandonné par

chacune des espèces de sang. Nous avons trouvé que 100 centimètres cubes de sang veineux ont abandonné $8^{cc},42$ d'oxygène ; 100 centimètres cubes de sang artériel ont abandonné $18^{cc},28$ d'oxygène.

Ces quantités d'oxygène abandonnées par le sang sont plus fortes que celles obtenues par Magnus. Il est probable que, dans les expériences de ce physicien, il y avait eu, après la mort, destruction d'oxygène et formation d'acide carbonique. Le procédé que nous avons employé, ainsi que nous le verrons plus tard, explique la non-concordance des résultats. Il me semblerait d'ailleurs impossible d'admettre que, sous l'influence de l'oxyde de carbone, de l'oxygène se fût produit. Force nous est donc d'admettre que les chiffres obtenus représentent tout au plus la quantité d'oxygène qui se trouvait dans le sang.

A l'aide de ce procédé, nous poursuivrons la recherche de l'oxygène dans le sang veineux des différents organes, recueilli dans des conditions physiologiques variées ; je ne doute plus que cette étude nous conduise à des voies fertiles en déductions physiologiques.

Nous n'avons pas la prétention de vous donner ici ce procédé d'analyse du sang perfectionné : ce sera l'objet de l'étude des chimistes. Nous allons seulement vous exposer les différents essais que nous avons faits avec ce gaz, afin qu'ils puissent servir de jalons à ceux qui voudraient poursuivre ces recherches.

Exp. (20 mars 1858). — Sur un chien en digestion, on prit, à l'aide d'une seringue, du sang artériel que

l'on plaça dans des tubes avec divers gaz, dans l'ordre qui suit :

Pour tous les tubes, la quantité de sang artériel était de 15 grammes; quant aux quantités de gaz, elles étaient :

N° 1.	Azote.	23 centimètres cubes.
N° 2.	Hydrogène	24 —
N° 3.	Oxyde de carbone	22,5 —
N° 4.	Acide carbonique.	24,5 —

Au moment où on a agité ces gaz dans le sang, il y a eu absorption totale de l'acide carbonique, et le sang artériel prit une teinte un peu plus foncée. La teinte donnée au sang par l'acide carbonique ne différait pas sensiblement de celle qui lui était communiquée par l'azote dans le tube n° 1. Le sang mélangé avec l'oxyde de carbone et celui mêlé avec l'hydrogène étaient beaucoup plus rouges et d'une couleur à peu près identique.

Le gaz n'avait pas changé sensiblement de volume dans les tubes n° 1, n° 2 et n° 3. Dans le tube n° 4, tout avait été absorbé, moins 2 centimètres cubes. Alors on ajouta de nouveau 24 centimètres cubes d'acide carbonique, puis on agita; et cette fois il n'y eut pas changement de volume.

On laissa ces gaz à la température ambiante de 12 degrés.

Au bout d'une heure, le sang, de la même couleur qu'auparavant, s'était coagulé de nouveau dans les trois tubes, excepté dans celui où l'on avait mis de l'acide carbonique.

On prit ensuite la moitié environ du gaz de chacun des tubes, et voici ce que l'analyse a donné :

N° 1, tube avec l'azote. Ne contenait, au bout d'une heure, ni acide carbonique ni oxygène.

N° 2, avec l'hydrogène. Ne contenait, au bout d'une heure, ni acide carbonique ni oxygène.

N° 3, avec l'oxyde de carbone, contenait, au bout d'une heure, 13,64 d'oxygène pour 100 et point d'acide carbonique.

N° 4. L'acide carbonique se trouvait, après une heure de contact, mélangé d'un gaz qui n'était absorbable ni par la potasse ni par l'acide pyrogallique, ce gaz était sans doute de l'azote.

Vingt-quatre heures après, on prit le reste des gaz qui étaient restés en contact avec le sang, et leur analyse a fourni les résultats suivants :

N° 1.	Acide carbonique	0,84
	Oxygène	0,54
	Azote (par différence)	98,62
		100,00
N° 2.	Acide carbonique	0,93
	Oxygène	0,80
	Hydrogène (peut-être azote, par différence)	98,27
		100,00
N° 3.	Acide carbonique	1,04
	Oxygène	11,57
	Oxyde de carbone (peut-être azote, par différence)	87,39
		100,00

N° 4. On a enlevé tout le gaz libre qui restait au-dessus du sang, puis on a ajouté dans ce tube 30 centimètres cubes d'oxyde de carbone, agité et laissé en contact pendant dix minutes. Au moment de l'agitation, on a

observé qu'il y a eu une exhalation considérable de gaz, et conséquemment une augmentation de son volume. (Cette augmentation s'observe quand on agite le sang ordinaire avec l'oxyde de carbone, mais elle est faible.)

Ensuite on prit du gaz qui a donné à l'analyse le résultat suivant :

Acide carbonique	27,04
Oxygène	5,66
Oxyde de carbone (peut-être azote) par différence)	69,30
	100,00

Les expériences précédentes prouvent : 1° que l'oxyde de carbone placé sous un tube avec du sang, a la propriété spéciale d'en dégager l'oxygène, ce que ne font pas d'une manière sensible les autres gaz examinés comparativement.

2° Que ce dégagement d'oxygène se fait très rapidement, et qu'une heure paraît suffire à son accomplissement.

3° L'oxyde de carbone ne dégage pas sensiblement d'acide carbonique du sang artériel ; seulement, quand on prolonge le contact, au bout de vingt-quatre heures par exemple, on peut trouver de l'acide carbonique, surtout si l'on a élevé la température du milieu ambiant. Mais alors on peut supposer qu'il y a eu formation d'acide carbonique, car on trouve que l'oxygène a un peu diminué.

Exp. (16 mars 1858). — Sur un chien, de taille moyenne, en digestion, on prit à l'abri de l'air, à l'aide d'une seringue, du sang artériel ; on en introduisit des

quantités égales dans deux tubes, et on les mit en contact avec de l'oxyde de carbone. Dans un troisième tube, on mit une même quantité de sang veineux du cœur. Après quoi ces trois sangs furent mis à une douce température avec l'oxyde de carbone en présence duquel ils se trouvaient.

Tube n° 1. — 15 centimètres cubes de sang artériel y étaient en contact avec 26^{cc},8 d'oxyde de carbone. 133 volumes de gaz analysé ne furent pas réduits par la potasse; l'acide pyrogallique les réduisit à 123. Ce gaz offrait donc, en centièmes :

Acide carbonique	0,00
Oxygène	7,51
Oxyde de carbone (peut-être azote) par différence	92,49
	100,00

Tube n° 2. — Contenant 15 centimètres cubes de sang artériel auquel on avait ajouté 3 centimètres cubes d'acide carbonique, et plus tard 26^{cc},5 d'oxyde de carbone. (Cette quantité d'acide carbonique fut entièrement dissoute sans que la couleur du sang parût plus noire.)

157 parties du gaz à analyser furent réduites par la potasse à 153, et par l'acide pyrogallique à 136. Ce gaz offrait donc en centièmes :

Acide carbonique	2,54
Oxygène	10,82
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence	86,64
	100,00

Une autre analyse du même gaz porta sur 84 par-

ties qui furent réduites à 81 par la potasse et à 74 par l'acide pyrogallique. Ce qui répond, en centièmes, à la composition :

Acide carbonique	3,57
Oxygène	8,33
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence	88,10
	100,00

Tube n° 3 dans lequel 15 centimètres cubes de sang veineux du cœur avaient été mis en contact avec 27 centimètres cubes d'oxyde de carbone.

145 parties de gaz furent réduites par la potasse à 142, puis par l'acide pyrogallique à 133.

Ce qui donna pour la composition en centièmes :

Acide carbonique	2,06
Oxygène	6,20
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence	91,74
	100,00

Exp. (25 mars 1858). — Sur un petit chien en digestion, on prit du sang artériel et veineux qu'on analysa avec l'oxyde de carbone de la façon suivante :

N° 1.	Sang veineux	15	centimètres cubes.
	Oxyde de carbone	17	—
N° 2.	Sang artériel	15	—
	Oxyde de carbone	22	—

Après deux heures de contact et trois agitations, on analysa le gaz en contact avec les sangs n° 1 et n° 2.

Voici ce que donna l'analyse du gaz contenu dans le tube n° 2 au contact du sang artériel :

Acide carbonique	1,12
Oxygène	12,29
Oxyde de carbone (azote), par différence	86,59
	100,00

Ce qui donne pour 100 centimètres cubes de sang, 18 centimètres cubes d'oxygène.

Après cette première expérience on ajouta 20 centimètres cubes d'oxyde de carbone au sang (il resta emprisonné dans la mousse environ 2 centimètres de gaz qu'on ne put pas enlever). On agita ensuite et on laissa une heure en contact, puis on analysa de nouveau le gaz; il donna le résultat suivant :

Acide carbonique	0,57
Oxygène.	2,28
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence.	97,05
	100,00

Le lendemain on fit un troisième lavage à l'oxyde de carbone en enlevant tout le gaz restant, et on ne trouva ni oxygène ni acide carbonique.

Cette analyse prouve que le premier lavage d'oxyde de carbone avait dégagé presque tout l'oxygène, car la quantité trouvée dans la seconde expérience est insignifiante, surtout si l'on considère qu'on n'avait pas pu enlever tout le gaz.

Le sang veineux n° 1 fut mis dans les mêmes conditions que le sang artériel et le gaz analysé après deux heures donna les résultats suivants :

Acide carbonique.	2
Oxygène	8
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence . .	90
	100

Ce qui donne pour 100 centimètres cubes de sang $10^{cc},40$ d'oxygène.

On fit un second lavage à l'oxyde de carbone, en

laissant encore quelques traces du premier gaz, on eut après cette opération :

Acide carbonique	1,18
Oxygène	0,59
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence.	98,23
	100,00

Ce qui montre encore que le premier lavage à l'oxyde de carbone avait été suffisant pour retirer tout l'oxygène du sang.

Pour vérifier l'exactitude du procédé analytique des gaz du sang par l'oxyde de carbone, on a divisé en deux parties du sang provenant d'une même source, et à une de ces parties on a ajouté de l'oxygène afin de savoir si l'on trouverait la quantité d'oxygène ajoutée. Plusieurs expériences ont été faites à ce point de vue; et on n'a pas trouvé toute la quantité d'oxygène ajoutée, mais toujours une quantité moindre.

Il faut constater en outre que quand on analyse comparativement du sang artériel et du sang veineux, la quantité d'oxygène qu'on trouve en moins dans le sang veineux n'est pas représentée par la quantité d'oxygène qu'on trouve en plus dans le sang artériel; il y en a toujours une certaine quantité qui se trouve dissimulée. Cela pourrait indiquer qu'une partie de l'acide carbonique est retenue dans le sang dans une combinaison que ne peut détruire l'oxyde de carbone, ou bien qu'il y a entre l'acide carbonique et l'oxygène un corps intermédiaire que nous ne connaissons pas.

Nous avons essayé d'ajouter différents sels dans le sang en même temps que l'oxyde de carbone, afin de

chercher à faire exhaler tous les gaz qui s'y rencontraient. On a d'abord employé du carbonate de soude qui a donné de mauvais résultats, ainsi qu'on le verra par l'expérience suivante.

Exp. Sur un chien vigoureux on prit du sang artériel, du sang veineux périphérique, et du sang veineux du cœur, qu'on plaça dans des tubes ainsi qu'il suit:

N° 1. Sang veineux du cœur, 15 centimètres cubes. On ajouta 5 centimètres cubes d'une solution saturée de carbonate de soude, puis 22 centimètres cubes d'oxyde de carbone.

N° 2. Sang veineux du cœur, 15 centimètres cubes, et oxyde de carbone, 22 centimètres cubes.

N° 3. Sang artériel, 15 centimètres cubes; carbonate de soude, 5; oxyde de carbone, 22.

N° 4. Sang artériel, 15 centimètres cubes; oxyde de carbone, 22.

N° 5. Sang veineux de la tête, 15 centimètres cubes; solution saturée de carbonate de soude, 5; oxyde de carbone, 22.

Tous les tubes furent placés à une douce chaleur pendant deux heures.

Aussitôt après le mélange, le sang auquel on avait ajouté du carbonate de soude était excessivement rutilant; mais, peu à peu, les sangs carbonatés devinrent très noirs, en commençant d'abord par le sang veineux.

Après deux heures on analysa les gaz en contact avec les sangs :

Voici ce que l'on constata :

N° 1. Sang veineux du cœur (avec carb. de soude).

Pour 100 centimètres cubes de gaz :

Acide carbonique	0,00
Oxygène	7,31

Pour 100 centimètres cubes de sang :

Acide carbonique	0,00
Oxygène	10,72

N° 2. Sang veineux du cœur (sans carb. de soude).

Pour 100 centimètres cubes de gaz :

Acide carbonique	0,68
Oxygène	10,27

Pour 100 centimètres cubes de sang :

Acide carbonique	1,00
Oxygène	15,06

N° 3. Sang artériel (avec carb. de soude).

Pour 100 centimètres cubes de gaz :

Acide carbonique	0,00
Oxygène	11,11

Et pour 100 centimètres cubes de sang :

Acide carbonique	0,00
Oxygène	16,13

N° 4. Sang artériel (sans carb. de soude).

Acide carbonique	0,57
Oxygène	14,36

Et pour 100 centimètres cubes de sang :

Acide carbonique	0,8
Oxygène	21,06

N° 5. Sang veineux périphérique (avec carbonate de soude).

Pour 100 centimètres cubes de gaz :

Acide carbonique	0,00
Oxygène	10,82

Et pour 100 centimètres cubes de sang :

Acide carbonique	0,00
Oxygène	15,86

Exp. (3 avril 1858). — Sur un grand chien, ayant déjà servi à d'autres expériences, on prit du sang qu'on analysa de la manière suivante :

N° 1. Sang veineux de la tête, 15 centimètres cubes ; oxyde de carbone, 25 centimètres cubes.

N° 2. Sang veineux du cœur, 15 centimètres cubes ; oxyde de carbone, 25 centimètres cubes.

N° 3. Sang artériel, 15 centimètres cubes ; oxyde de carbone, 25.

N° 4. Sang veineux de la tête, 15 centimètres cubes, plus 5 centimètres cubes d'une solution saturée de carbonate de soude.

Ce sang devint d'abord très rouge sous cette influence ; puis, exposé à une température de 30 degrés environ, il devint bientôt très noir.

Une heure après, on ajouta ce sang noir à 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone et on laissa le contact durer une heure.

N° 5. Sang artériel, 15 centimètres cubes ; solution saturée de carbonate de soude, 5 centimètres cubes. Comme le sang veineux précédent, il devint d'abord plus rouge, puis bientôt noir, mais plus tard cependant que le sang veineux.

On ajouta 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone.

N° 6. Sang artériel, 15 centimètres cubes. On y ajouta un fragment de potasse caustique. A l'instant même le sang devint excessivement noir.

N° 7. Sang artériel, 15 centimètres cubes; acide carbonique, 25 centimètres cubes. Au moment de l'agitation, il y eut absorption presque complète de gaz. Après deux heures de contact pour tous les tubes précédents, on fit l'analyse des gaz et on trouva qu'ils contenaient, en oxygène :

	Pour 100 de gaz.	Pour 100 de sang.
N° 1. Sang veineux de la tête	7,63	12,87
N° 2. Sang veineux du cœur.	8,33	13,87
N° 3. Sang artériel	12,76	21,27
N° 4. Sang veineux de la tête (carbonate de soude)	5,10	8,07
N° 5. Sang artériel (carb. de soude). .	9,70	16,13
N° 6. Sang artériel (potasse).	1,38	2,26
N° 7. Sang artériel (acide carbonique).		

Le lendemain ayant extrait les gaz de ce sang, n° 7, on trouva qu'il contenait :

Oxygène	12,07
Acide carbonique.	28,88

pour 100 parties de sang, ce qui prouve que l'oxygène avait considérablement diminué, puisque la veille du sang pris dans la même seringue avait donné 21,27.

Néanmoins on s'est assuré que le carbonate de soude peut absorber directement de l'oxygène et de l'acide carbonique, et que ce liquide ne cède plus ses gaz à l'oxyde de carbone. De sorte que l'addition de ces alcalis crée une mauvaise condition pour l'extraction des gaz du sang. Il vaut mieux ne rien ajouter ou bien ajouter une faible proportion d'acide acétique pour neutraliser le sang. Une forte proportion est nuisible, ainsi que le prouve l'expérience suivante :

Exp. 15 centimètres cubes de sang veineux du cœur

furent additionnés de 2 centimètres d'acide acétique cristallisable, puis de 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone; aussitôt le sang devint noir et visqueux comme avec la potasse.

Au bout de deux heures de contact à la température de 80 à 40 degrés, l'analyse des gaz ne donna pas trace d'oxygène, mais une quantité considérable d'acide carbonique dont on ne peut pas répondre parce qu'il y figurait peut-être un peu d'acide acétique en vapeur.

Le même sang, analysé avec de l'oxyde de carbone sans acide acétique, donna 9,93 d'oxygène pour 100 de sang.

Exp. Sur un chien jeune, en digestion, ayant un catarrhe nasal, on retira dans trois tubes du sang de l'artère crurale.

1° 12 centimètres cubes de sang furent simplement agités avec le mercure sans addition d'aucun gaz.

2° 12 centimètres cubes du même sang furent agités avec 25,5 centimètres cubes d'oxyde de carbone.

3° 12 centimètres cubes du même sang furent agités avec un excès d'acide carbonique. Le sang en absorba à peu près son volume et on retira le reste avec une seringue. Puis on ajouta à ce sang saturé d'acide carbonique 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone.

Tube n° 1. — Le sang qui avait été simplement agité avec le mercure, était devenu noir après vingt-quatre heures.

On lui ajouta alors 30 centimètres cubes d'oxyde de carbone; on agita, le sang ne devint pas aussi rutilant que les sangs n° 2 et 3.

Au bout d'un quart d'heure de contact, on prit 12 centimètres cubes de gaz qu'on analysa. La potasse n'en réduisit pas le volume ; l'acide pyrogallique le ramena à 11,4. Ce qui donne en centièmes :

Acide carbonique.	0
Oxygène	5
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence. . .	95
	100

Vingt-quatre heures après, on prit 172 parties de gaz que la potasse réduisit à 170 et l'acide pyrogallique à 162. Ce qui donne en centièmes :

Acide carbonique	1,16
Oxygène	4,65
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence.	94,19
	100,00

Tube n° 2. — Le sang artériel ayant été agité avec de l'oxyde de carbone, on prit 123 parties du gaz. La potasse n'en réduisit pas le volume ; l'acide pyrogallique le réduisit à 114 parties. Le gaz examiné offrait donc en centièmes la composition suivante :

Acide carbonique	0,00
Oxygène.	7,31
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence .	92,69
	100,00

Tube n° 3. — Au moment où on mit ce tube sur le mercure, il renfermait 23^{cc},5 de gaz. Au moment de l'analyse, il y en avait 26 ; il y avait donc eu une augmentation de volume de 2^{cc},5.

155 parties de ce gaz étant traitées par la potasse, se

réduisirent à 114, et par l'acide pyrogallique à 105 ; ce qui donne la composition en centièmes :

Acide carbonique	26,45
Oxygène.	5,80
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence.	67,75
	100,00

L'acide carbonique était ajouté, nous devons le retrancher, et pour juger de la proportion d'oxygène, prendre la composition en centièmes du gaz composé de :

Oxygène.	5,80
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence .	67,75
	73,50

En centièmes, cette composition est :

Acide carbonique	0,00
Oxygène.	7,89
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence.	92,11
	100,00

Exp. (2 mars 1858). — Sur un chien en digestion, déjà affaibli par des expériences antérieures, on fit une incision dans le flanc droit et l'on constata que le sang veineux rénal était rouge.

On recueillit du sang de la veine rénale entre deux ligatures posées sur la veine porte et en ayant soin de ne pas interrompre la circulation du rein, parce qu'alors le sang serait devenu noir de rutilant qu'il était ; le sang de la veine porte et le sang artériel de l'aorte furent recueillis en même temps. Les sangs recueillis avec une seringue à l'abri du contact de l'air furent portés sur le mercure en contact avec de l'oxyde de carbone purifié par la potasse. On laissa le contact durer vingt-quatre

heures en agitant le mélange pendant quelque temps au commencement et à la fin de l'expérience.

Après ce contact de vingt-quatre heures avec l'oxyde de carbone, tous les sangs avaient conservé leur couleur rouge, mais le sang veineux rénal était plus rutilant que les deux autres. Voici quels furent les résultats de l'analyse :

Il y avait 16 centimètres cubes de sang et 25^{cc},5 de gaz oxyde de carbone dans les trois cas.

	Gaz examiné.	Après la potasse.	Après l'acide pyrogallique.
Sang veineux rénal. . .	124 parties (1)	124	116
Sang artériel	123	123	116
Sang de la veine porte .	149	146	142

Ce qui nous donne, pour 100 parties de gaz, les proportions suivantes d'oxygène et d'acide carbonique :

	Acide carbonique.	Oxygène.	Oxyde de carbone et azote? restant.
Sang veineux rénal. . .	»	6,45	93,55
Sang artériel	»	5,69	94,31
Sang de la veine porte. .	2,01	2,68	95,31

Ou encore pour 100 parties de sang, nous avons en gaz exhalés :

	Acide carbonique.	Oxygène.
Sang veineux rénal.	»	10,2
Sang artériel	»	9,00
Sang de la veine porte	3,18	4,24

La quantité d'oxygène exhalé est, ainsi que nous le verrons dans d'autres expériences, relativement faible dans cette analyse. Cela tiendrait-il à ce que l'animal était souffrant par suite d'expériences sur les nerfs de la tête qu'il avait subies la veille ?

(1) Ces parties répondent à des dixièmes de centimètre cube.

Nous voyons que le sang de la veine rénale a exhalé plus d'oxygène que le sang artériel de l'aorte ; ce qui doit tenir à ce que le sang de la veine rénale a été recueilli le premier, lorsque l'animal respirait bien, tandis que le sang de l'aorte a été recueilli le dernier, lorsque l'animal respirait mal.

Dans tous les cas, on voit ici que le sang de la veine rénale se rapproche, quant à l'oxygène, du sang artériel, et qu'il diffère essentiellement du sang veineux de la veine porte.

On a laissé pendant cinq jours sur la cuve à mercure et à l'abri du contact de l'air le tube qui contenait le sang artériel avec la moitié environ du gaz en expérience (l'autre moitié avait été employée pour l'analyse rapportée précédemment). Pendant ce temps on a agité une ou deux fois le tube.

Le 7 mars on a analysé le gaz restant, et on lui a trouvé la composition suivante :

		Après la potasse.	Après l'acide pyrogallique.
Gaz analysé	95 parties.	94	89

Soit, en centièmes :

Acide carbonique........	1,05
Oxygène.............	5,26

On avait laissé de même le sang veineux rénal jusqu'au 16 mars, en présence d'une certaine quantité de gaz restant ; mais on a remarqué que vers les derniers jours il s'exhalait du sang une quantité considérable de gaz qui augmentait le volume de celui qui existait primitivement.

L'analyse de ce gaz donna :

	Après la potasse.	Après l'acide pyrogallique.
Gaz analysé, 104 parties.	93	93

C'est-à-dire, en centièmes :

Acide carbonique.	10,57
Oxygène	»

Il ne restait donc plus qu'un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone qu'on a pu enflammer, peut-être existait-il aussi un peu d'azote?

Cette expérience prouverait que, même en la présence de l'oxyde de carbone, l'oxygène peut à la longue disparaître et se changer en acide carbonique.

La pression dans ces expériences était toujours un peu moindre dans le tube qu'à l'extérieur, ce qui a dû faciliter le dégagement du gaz du sang.

Dans l'expérience suivante, on a ajouté de petites quantités de gaz oxygène et d'acide carbonique à du sang artériel et veineux, afin de voir si par l'analyse à l'aide de l'oxyde de carbone on retrouverait en excès juste la quantité introduite.

Exp. (15 avril 1858). — Sur un chien de taille ordinaire, on prit du sang qu'on répartit ainsi qu'il suit dans cinq tubes :

N° 1. Sang veineux, 15 centimètres cubes que l'on laissa coaguler dans le tube. Un quart d'heure après, on ajouta 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone et on agita fortement.

N° 2. Sang veineux, 15 centimètres cubes que l'on mit immédiatement en contact avec 1,20 centimètres cubes d'oxygène. On agita un peu, et après un quart

d'heure on ajouta 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone; puis on agita fortement.

N° 3. Sang artériel, 15 centimètres cubes qu'on laissa coaguler, puis on ajouta un quart d'heure après 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone; on agita fortement pour remplir le caillot.

N° 4. Sang artériel, 15 centimètres cubes, que l'on mit immédiatement en contact avec 1,8 centimètres cubes d'acide carbonique. On agita un peu pour faire dissoudre le gaz; puis, après un quart d'heure, on ajouta 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone.

Les cinq tubes furent placés dans l'étuve et laissés en contact comme à l'ordinaire. Voici les résultats de l'analyse pour 100 parties de gaz :

	Oxygène.	Acide carbonique.
N° 1. Sang veineux	7,87	2,36
N° 2. Sang veineux avec addition de 1cc,2 d'oxygène	10,92	1,68

En faisant le calcul pour 15 centimètres cubes de sang, on voit que l'excès d'oxygène trouvé dans le sang n° 2 n'est que de 0cc,73.

	Oxygène.	Acide carbonique.
N° 3. Sang artériel	13,33	»
N° 4. Sang artériel avec CO^2 1,8	14,58	2,77

L'excès d'acide carbonique, en calculant pour 15 centimètres cubes, serait, dans le tube n° 4, de 0cc,41 seulement.

On a supposé, dans tous les calculs qui ont précédé, que le volume de gaz n'avait pas changé, comme nous l'avons fait généralement dans nos analyses. Mais cependant il est probable que dans ces conditions, lors-

que du gaz a été ajouté, le volume total du gaz doit avoir augmenté. Par conséquent, dans ces expériences de contrôle il faudra tenir compte soigneusement du volume du gaz avant et après l'expérience.

Exp. (22 février 1858). — Sur un chien à jeun on prit, à l'aide d'une seringue, pour éviter le contact de l'air, du sang artériel et du sang veineux, et on les mit dans des tubes sur le mercure en contact avec de l'oxyde de carbone contenant 13,21 pour 100 d'acide carbonique.

On fit les mélanges suivants :

1°	Sang veineux	19	centimètres cubes.
	Oxyde de carbone impur	22	—
2°	Sang artériel	21	—
	Oxyde de carbone impur	25	—

On agita de temps en temps, et on laissa en contact pendant vingt-quatre heures.

Après ce temps, voici ce qu'a donné l'analyse du gaz resté en contact avec le sang, calculé par 100 parties de sang :

	Acide carbonique.	Oxygène.
Sang artériel	1,81	25,45
Sang veineux	1,76	15,92

On voit qu'il y a eu une grande quantité d'oxygène déplacé par l'oxyde de carbone; mais l'acide carbonique du sang n'a pas été exhalé; au contraire, il y a eu absorption d'une partie de l'acide carbonique qui se trouvait dans l'oxyde de carbone.

Exp. —Du sang déjà altéré et très noir fut agité avec de l'oxyde de carbone; il devint alors d'un beau rouge. On laissa le contact durer vingt-quatre heures.

Au bout de ce temps, le gaz contenait 7 d'acide carbonique pour 100 et pas trace d'oxygène. Ce qui prouve que l'oxygène se détruit par l'altération du sang, sans que cette altération empêche l'oxyde de carbone de rougir le sang.

Exp. — Sur un chien ayant le vague et le sympathique coupés du côté droit depuis deux jours, on retira du sang de la veine jugulaire du même côté en ouvrant cette veine à la partie supérieure du cou, près de l'angle de la mâchoire. Ce sang présentait à peu près sa coloration veineuse ordinaire.

Alors on fit respirer à l'animal de l'air mélangé d'une petite proportion d'oxyde de carbone. Dès la première inspiration, le sang qui coulait noir de la veine, devint rutilant comme du sang artériel. L'animal éprouva du malaise et eut des mouvements comme convulsifs. On cessa l'expérience, et on le laissa respirer à l'air libre.

Dès ce moment, le sang qui coulait toujours par la veine redevint noir, mais peu à peu et non brusquement, comme il était devenu rouge sous l'influence de l'oxyde de carbone.

On recueillit dans des soucoupes :

1° Du sang noir, coulant avant l'inspiration de l'oxyde de carbone ;

2° Du sang rouge, coulant pendant cette inspiration;

3° Du sang redevenu noir après cessation des inhalations d'oxyde de carbone.

Le lendemain on examina ces sangs, qui tous trois étaient bien coagulés, et l'on trouva qu'ils étaient tous

parfaitement rouges, ce qui tenait à ce que la surface du caillot était artérialisée par son contact avec l'air.

Alors on retourna les trois caillots qui avaient environ un centimètre d'épaisseur, et l'on vit très manifestement que la partie profonde du caillot était parfaitement noire dans le sang recueilli avant et après l'inspiration d'oxyde de carbone, tandis que tout le caillot était resté rouge pour le sang recueilli pendant l'inhalation de ce gaz.

Exp. — Dans un flacon plein d'oxyde de carbone, on introduisit du sang veineux de la jugulaire.

Le lendemain, on prit de ce sang agité au contact de l'oxyde de carbone et qui était resté complétement rutilant, et l'on en mit une portion en contact avec de l'oxygène et une autre portion avec de l'acide carbonique. Pour l'oxygène qui était en contact avec ce sang, il n'y eut pas diminution sensible du gaz. Pour l'acide carbonique, au contraire, le gaz diminua environ de moitié, ce qui indiquait qu'il y avait eu absorption considérable de gaz. Le volume d'acide carbonique disparu était sensiblement égal à celui du sang mis en expérience. On remarqua cela de particulier que, malgré cette absorption d'acide carbonique, le sang ne devint pas sensiblement plus noir et resta rutilant. Cette expérience signifierait-elle que les globules qui ont subi l'action de l'oxyde de carbone ne peuvent absorber ni l'oxygène ni l'acide carbonique, ce qui serait en rapport avec l'absence de changement de couleur du sang sous l'influence de ce gaz. Quant à l'acide carbo-

nique qui a été absorbé en volume égal à celui du sang, son absorption pourrait avoir été faite par le sérum et non par les globules.

Le sang qui avait été en contact avec de l'oxyde de carbone pendant vingt-quatre heures, et qui fut ensuite abandonné à l'air libre, ne devint pas noir.

Au bout de plusieurs semaines, il était encore rouge; les globules qui étaient tombés au fond du vase étaient restés rutilants; et le sérum resté à la surface était transparent, incolore, ne contenait pas en dissolution de la matière colorante des globules.

Ces faits dépendent évidemment de l'action spéciale de l'oxyde de carbone, car on sait que le sang artériel qui est rutilant devient noir très vite lorsqu'il est dans un vase au contact de l'air. La surface du caillot reste seule rutilante, parce qu'elle est en contact avec l'air; mais bientôt, au bout de deux ou trois jours, quelquefois plus tôt, suivant le degré de la température ambiante, cette surface elle-même, quoique restant toujours au contact de l'air, noircit sans retour, et le sérum se colore plus ou moins fortement en dissolvant la matière colorante des globules. Ce phénomène a lieu également pour le sang veineux dont le caillot devient rouge à l'extérieur par le contact de l'air, puis noir au bout de deux ou trois jours.

Pour juger de la spécificité de l'oxyde de carbone comme maintenant cette coloration rouge, on avait agité du sang avec de l'oxygène au contact duquel il était resté pendant vingt-quatre heures. Ensuite on l'avait remis à l'air, et, dès le lendemain, les globules

qui étaient tombés au fond, recouverts par le sérum, étaient devenus complétement noirs.

Après toutes les expériences précédentes qui nous ont servi à déterminer les conditions dans lesquelles il convenait d'opérer, nous avons reconnu qu'il valait mieux prendre le sang sans addition d'aucune substance étrangère ; que la proportion la plus convenable est de 15 centimètres cubes de sang pour 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone. Nous avons vu encore qu'il convient d'agiter le sang au moment même où le mélange a lieu, afin d'empêcher la coagulation ; de placer ensuite le sang dans une étuve à 40 degrés; d'agiter de nouveau vers le milieu de l'opération, puis d'analyser les gaz du sang au bout d'une heure. En transvasant le gaz, on a soin que le sang qui a divisé le mercure ne monte pas dans l'éprouvette, ce qui rendrait l'analyse plus difficile.

Nous avons, à l'aide de ce procédé, fait quelques expériences dont les résultats peuvent être considérés comme définitifs, et que nous allons vous rapporter.

Exp. (2 mars 1858). — Sur un chien africain en pleine digestion, ayant déjà servi à d'autres expériences, on recueillit par la veine jugulaire du sang venant des capillaires. On recueillit immédiatement après du sang artériel de la carotide. Ces sangs furent mis en contact avec de l'oxyde de carbone; il y avait deux tubes de chaque sang.

Après l'agitation et un contact de quinze minutes, on analysa les gaz d'un tube contenant du sang veineux. Voici ce qu'on obtint :

Il y avait 16 centimètres cubes de sang veineux et 25,5 centimètres cubes d'oxyde de carbone.

169 parties de gaz à analyser, traitées par la potasse, furent réduites à 166. Reprises par l'acide pyrogallique, elles se réduisirent à 155 ; ce qui donne en centièmes :

Acide carbonique	1,83
Oxygène	6,50
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence	91,67
	100,00

Après vingt-quatre heures de contact, l'autre tube contenant du sang veineux fut examiné comparativement :

Il contenait 16 centimètres cubes de sang et 25,5 centimètres cubes d'oxyde de carbone.

129 parties du gaz à analyser furent réduites par la potasse à 138 ; puis, par l'acide pyrogallique, à 116 ; ce qui donne en centièmes :

Acide carbonique	0,77
Oxygène	9,30
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence	89,93
	100,00

Sang artériel. — 16 centimètres cubes de sang artériel se trouvant au contact de 24,5 centimètres cubes d'oxyde de carbone furent examinés après un quart d'heure de contact.

102 parties du gaz analysé ne diminuèrent pas lorsqu'on les traita par la potasse, et se trouvèrent réduites à 89 à la suite du traitement par l'acide pyrogallique ; ce qui donne en centièmes :

Acide carbonique	0,00
Oxygène	12,74
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence	87,26
	100,00

Le sang artériel de l'autre tube, en même quantité et au contact d'une même proportion d'oxyde de carbone, fut examiné après vingt-quatre heures de contact.

144 parties de gaz analysé traitées par la potasse restèrent à 144 ; puis, traitées par l'acide pyrogallique, se réduisirent à 120 ; ce qui donne en centièmes :

Acide carbonique	0,00
Oxygène.	16,66
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence . .	83,34
	100,00

Le premier sang artériel qui n'avait été en présence de l'oxyde de carbone que pendant un quart d'heure, fut remis en contact avec une même quantité d'oxyde de carbone pendant vingt-quatre heures.

151 parties de gaz analysé après ce contact ne changèrent pas après le contact de la potasse. L'acide pyrogallique les réduisit à 144 ; ce qui fait en centièmes :

Acide carbonique	0,00
Oxygène.	6,62
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence . .	93,38
	100,00

On a laissé une partie du gaz en contact avec ce sang pendant sept jours encore. Après quoi, 74 parties de gaz examiné ne furent pas réduites par la potasse et furent réduites à 70 par l'acide pyrogallique ; ce qui fait en centièmes :

Acide carbonique.	0,00
Oxygène	5,40
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence . .	94,60
	100,00

Le sang artériel du deuxième tube qui avait séjourné vingt-quatre heures en présence de l'oxyde de carbone, fut remis en contact pendant vingt-quatre heures avec ce gaz.

193 parties de gaz analysé après ce contact furent réduites par la potasse à 191 ; puis, par l'acide pyrogallique, à 179 ; ce qui fait en centièmes :

Acide carbonique	1,03
Oxygène	6,21
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence	92,76
	100,00

Le même sang fut remis en contact avec de l'oxyde de carbone pendant sept jours. Après quoi, 113 volumes de gaz analysé ne se réduisirent pas par la potasse et se réduisirent à 109 lorsqu'on les traita par l'acide pyrogallique ; ce qui donne en centièmes :

Acide carbonique	0,00
Oxygène	3,54
Oxyde de carbone (peut-être azote), par différence	96,46
	100,00

Toutes ces expériences ont été faites sans chauffer le sang ; la température ambiante était basse.

Exp. (6 avril.) — Sur un petit chien à jeun depuis trois jours, on analysa comparativement le sang veineux du cœur et le sang artériel de la carotide. On mit 15 centimètres cubes de sang pour 25 de gaz. On laissa en contact pendant deux heures à la température de 25 degrés, après quoi l'analyse donna pour 100 parties de sang :

	Oxygène.	Acide carbonique.
Sang artériel	21,06	0,00
Sang veineux	12,66	1,53

Dans cette expérience, le sang artériel ne contient pas d'acide carbonique. C'est ce que nous avons généralement observé surtout chez les animaux à jeun.

Le sang artériel de ce chien, traité par l'oxyde de carbone, avait été laissé sur le mercure jusqu'au 8 avril; alors on le lava avec une nouvelle quantité d'oxyde de carbone, et on l'exposa à 30 degrés; après quoi on analysa le gaz, qui ne donna ni acide carbonique ni oxygène, ce qui prouve que le premier lavage avait suffi à épuiser le gaz.

Le sang paraissait moins rutilant que la veille.

Exp. (7 avril). — Sur un chien vivace et en pleine digestion on prit du sang veineux du cœur, du sang artériel, du sang du foie. On mit toujours 15 centimètres cubes de sang pour 25 centimètres cubes d'oxyde de carbone, et l'on maintint le mélange à une température de 30 à 40 degrés pendant deux heures. Tous ces sangs étaient également rouges sous l'influence de l'oxyde de carbone.

Voici ce que donna l'analyse pour 100 volumes de sang :

	Oxygène.	Acide carbonique.
Sang veineux du cœur.	9,93	2,81
Sang artériel.	18,93	0,00
Sang du foie.	2,80	6,53

Le 8 avril, après avoir enlevé l'oxyde de carbone qui restait dans les trois tubes précédemment examinés, on ajouta 15 centimètres cubes d'oxyde de carbone à chacun d'eux. On exposa le mélange pendant deux heures à une température de 30 degrés; ensuite on fit l'ana-

lyse du gaz contenu dans les trois tubes, et dans aucun on ne trouva ni oxygène ni acide carbonique. La première opération avait donc suffi pour épuiser le sang du gaz qu'il contenait. Ce sang paraissait un peu moins rutilant que la veille.

DIX-NEUVIÈME LEÇON.

5 MARS 1858.

SOMMAIRE : Rapport de la couleur du sang avec les quantités d'oxygène et d'acide carbonique qu'il contient. — Quantités absolues et relatives. — Influence de la température de certains sels et de quelques gaz. — Influences physiques capables de modifier la couleur du sang. — Identité entre le mécanisme de ces actions et l'influence nerveuse. — Anomalies apparentes de coloration liées à des conditions complexes. — Influence du carbonate de soude sur la coloration du sang. — Action de l'oxyde de carbone sur l'oxygène des tissus.

MESSIEURS,

Dans la leçon précédente, nous avons vu que la couleur du sang est jusqu'à un certain point en rapport avec la quantité d'oxygène et d'acide carbonique que renferme le sang; et l'on peut dire d'une manière générale que le sang est d'autant plus noir qu'il renferme plus d'acide carbonique. Toutefois il y a une foule de correctifs à introduire dans l'énoncé de cette proposition générale. D'abord ce n'est pas la quantité absolue d'acide carbonique qu'il faut considérer, mais sa proportion relativement à l'oxygène : de sorte que si l'oxygène ne diminuait pas, il faudrait une beaucoup plus grande proportion d'acide carbonique pour rendre le sang noir; et, d'un autre côté, le sang pouvant devenir noir par le seul fait de la diminution de l'oxygène, qui augmenterait la proportion relative d'acide carbonique. En outre, l'influence de la température, l'influence de

la rapidité avec laquelle le sang circule dans les organes, l'influence de la pression sous laquelle il y circule, sont autant de causes qui ont une action très prononcée. Enfin il y a certains sels, certains gaz, qui ont la propriété de noircir ou de rougir le sang sans qu'on puisse rattacher ces effets à la présence ou à l'absence de l'acide carbonique.

Nous allons vous donner successivement des preuves de ces différentes influences :

Lorsqu'on examine dans l'état normal la veine d'un organe sécréteur, de la glande sous-maxillaire, par exemple, on voit que la couleur du sang est en général d'autant plus noire que sa quantité est moindre et que la rapidité avec laquelle il coule est moins considérable. Il est au contraire d'autant plus rouge que l'écoulement se fait plus rapidement et plus facilement. C'est ce que nous avons eu très souvent eu occasion de constater dans les expériences que nous avons faites sur la couleur du sang de la veine rénale et de la veine de la glande sous-maxillaire. Ce qui prouve bien que c'est l'écoulement rapide du sang qui lui donne la coloration rouge, c'est que si l'on vient à pincer la veine de manière à gêner le cours du sang, on voit aussitôt ce liquide, qui coulait rouge avant, devenir noir quand il stagne, pour reprendre sa coloration rouge aussitôt qu'on cesse de mettre obstacle au cours du sang.

Ces circonstances sont très importantes à connaître lorsqu'on expérimente sur l'influence qu'apportent les nerfs dans la coloration du sang, dans le rein et dans les glandes. Si une cause quelconque, telle qu'un caillot

formé dans la veine, vient mettre obstacle au cours du sang, on le voit aussitôt noircir, et cela pourrait donner lieu à une cause d'erreur si l'on rapportait cet effet à l'influence nerveuse. D'ailleurs il faut bien savoir que les nerfs agissent de la même façon; que tandis que certains nerfs, comme la corde du tympan, rendent le sang rouge en activant la circulation, d'autres, comme le grand sympathique, rendent le sang noir en gênant mécaniquement la circulation.

De sorte que si le sang est resté rouge dans le premier cas, il semblerait que c'est parce que son contact avec les tissus n'a pas été assez prolongé, parce qu'il devient veineux dans cette circonstance; en un mot, le sang n'a pas eu le temps de devenir veineux.

Toutefois le sang qui coule rouge a reçu déjà une importante modification, car nous savons qu'il deviendra veineux beaucoup plus rapidement que le sang artériel.

Après la section du sympathique dans le cou, nous voyons en même temps que le sang veineux redevient rouge, la rapidité de la circulation est considérablement activée; et, lorsque nous galvanisons le sympathique, nous voyons qu'en même temps que le sang devient noir, la circulation se ralentit.

Hier nous avons, sur un cheval, coupé le filet cervical du grand sympathique; après quoi du sang fut recueilli avant et après la galvanisation du nerf coupé. Bien que vingt-quatre heures se soient écoulées depuis l'expérience, vous pouvez voir, en comparant la couleur du sang contenu dans ces deux tubes, que le premier, celui

qui a été recueilli après la section du nerf, est resté beaucoup plus rutilant que l'autre.

Peut-être, dans ce cas, cette tendance plus grande du sang à devenir veineux tient-elle à ce qu'il s'est réchauffé en traversant les capillaires ; car nous allons voir que la chaleur a une très grande influence sur la rapidité avec laquelle le sang veineux devient noir.

En effet, lorsqu'on soumet un même sang artériel comparativement à diverses températures, on voit que le sang devient noir d'autant plus vite que la température est plus élevée. Et si la température atteint 55 ou 60 degrés, le sang devient noir instantanément. A cette température, il est altéré de telle façon, qu'il ne peut plus devenir rutilant sous l'influence de l'oxygène ; il est par conséquent devenu impropre à entretenir les phénomènes de la vie.

L'étude de l'influence de la température sur le sang serait un des points les plus intéressants de la physiologie. Pour le moment cette influence nous sert à expliquer des phénomènes en apparence tout à fait contradictoires. Ainsi nous avons dit que le sang est d'autant plus noir qu'il coule plus lentement ; et cependant, quand on a coupé la moelle épinière à un animal, la circulation se ralentit considérablement dans les parties paralysées, et le sang devient rouge. Ceci s'explique parce qu'alors, avec l'inactivité des organes musculaires, il y a un refroidissement considérable du sang qui l'empêche de devenir noir. Quand on refroidit un membre, le sang y devient rouge ; de même quand on refroidit un animal entier, comme une grenouille, on voit le sang

devenir plus rouge qu'à une température plus élevée.

Quand on place un animal dans une étuve, le sang devient noir partout, même dans les artères; et si l'on prolonge l'expérience assez longtemps pour que l'animal puisse arriver à la température de 45 degrés, son sang noir et trop chaud ne peut plus servir à l'accomplissement des phénomènes de la vie.

Relativement à l'absorption de l'oxygène, Fourcroy avait dit que chez le fœtus le sang n'avait pas la propriété de devenir rutilant à l'air. Nous avons vu qu'il n'en est pas ainsi. Sur des veaux examinés à différents âges de la vie intrautérine, on a toujours constaté que le sang pris soit dans le cœur, soit dans les vaisseaux placentaires, avait la propriété de devenir rutilant à l'air. Le sang se coagulait très bien, et la surface du caillot exposée à l'air devenait rouge.

Sur un de ces fœtus je constatai très bien les battements du cœur; mais je ne vis les veines caves se contracter dans aucun cas.

L'application du galvanisme faisait contracter le cœur et ne produisait rien sur les veines. Lorsque les battements du cœur étaient arrêtés, la galvanisation du vague droit réveillait ces mouvements, qui recommençaient.

A ce propos, il serait intéressant de faire des recherches sur la quantité d'oxygène que peut contenir le sang des fœtus et le sang de la veine ombilicale, qui ont, comme nous le savons, une couleur presque identique.

L'influence qu'exerce sur la couleur du sang la rapidité avec laquelle il circule pourra nous rendre compte d'un phénomène qui s'observe quelquefois, et qui peut

paraître en contradiction avec ce que nous avons dit.

Quand on fait une saignée, on remarque souvent qu'à la fin de la saignée, le sang coule plus rouge qu'au commencement, lors même qu'on fait exécuter des mouvements avec le membre. Cela tient à ce que, quand le sang coule, la circulation devient beaucoup plus rapide dans les parties voisines, que le sang artériel traverse dès lors plus rapidement et sans rester en contact aussi longtemps avec les tissus. C'est ce qui a lieu pour les veines superficielles du bras que l'on saigne habituellement et qui viennent de la peau. Ici la coloration noire ne revient pas, malgré la contraction musculaire, parce que c'est surtout dans les veines profondes que se rend le sang qui est chassé des muscles.

Nous savons que certains sels, tels que le carbonate de soude, rendent immédiatement le sang très rouge; puis, après, ce sang devient très noir.

Nous avons constaté dans nos expériences que la quantité d'oxygène était moindre lorsque le sang était devenu noir, ce qui pourrait dépendre de deux causes: ou bien de ce que l'oxygène a été absorbé par le carbonate de soude, ou bien de ce qu'il a été changé en acide carbonique.

Nous avons déjà longuement parlé de l'influence de l'oxyde de carbone, et nous avons utilisé la propriété qu'il possède de déplacer l'oxygène du sang, pour reconnaître les quantités de ce gaz dont le fluide sanguin est chargé. Nous avons voulu vérifier si cette propriété de l'oxyde de carbone devait être étendue aux tissus, et si ce gaz pouvait leur enlever l'oxygène et arrêter ainsi

leurs fonctions. Voici les expériences que nous avons faites à ce sujet :

Exp. (8 avril 1858). — On a pris le train postérieur d'un lapin, dont l'irritabilité musculaire avait été préalablement augmentée par la section de moelle épinière dans la partie supérieure du dos, et l'on a injecté de l'oxyde de carbone dans l'artère d'un membre, afin de voir si l'action de ce gaz détruirait l'irritabilité musculaire. On a séparé ensuite les deux membres qu'on plaça sur le mercure, sous des cloches remplies d'air; on les y laissa passer la nuit.

Aussitôt après l'injection de l'oxyde de carbone dans la cuisse, on constata que les muscles étaient très irritables ainsi que les nerfs; il n'y avait pas sensiblement de différence sous ce rapport entre les deux membres; et s'il y avait eu une différence, elle aurait été plutôt à l'avantage de la cuisse dans laquelle de l'oxyde de carbone avait été injecté.

Au bout de vingt-quatre heures, voici ce que donna l'analyse de l'air des cloches dans lesquelles avaient été placées comparativement les deux cuisses.

Dans la cloche où était placée la cuisse injectée d'oxyde de carbone :

Gaz analysé.	178
Après potasse.	165
Après acide pyrogallique	135

Ce qui donne en centièmes :

Oxygène disparu.	4,62
Acide carbonique formé	4,62
Azote, par différence.	78,04

Après vingt-quatre heures, les chairs de cette cuisse étaient encore plus rosées et paraissaient mieux conservées que celles du côté opposé.

L'air de la cloche dans laquelle avait séjourné la cuisse normale offrait la composition suivante:

Gaz analysé	153
Après la potasse	146
Après l'acide pyrogallique	124

Ce qui donne en centièmes :

Oxygène disparu	4,02
Acide carbonique formé	4,57
Azote, par différence.	78,45

Cette expérience prouve que l'oxyde de carbone n'a pas empêché les phénomènes d'oxydation de se passer dans le muscle.

Il est remarquable de voir ici que la quantité d'acide carbonique produite répond à la quantité d'oxygène qui a disparu, ce qui, ainsi que nous l'avons vu, n'a jamais lieu quand il s'agit du sang.

Il semble en être de même des autres tissus, comme le montre l'expérience suivante.

Exp. — Ayant mis sur le mercure et sous des cloches pleines d'air différents tissus, tels que des muscles, du cerveau, du foie, des reins d'un lapin qui avait eu la moelle épinière coupée, la proportion étant de 80 centimètres cubes d'air par 10 grammes de tissu, on analysa après vingt-quatre heures le gaz de ces cloches, et on lui trouva la composition suivante en centièmes.

1° Muscles de la cuisse :

Oxygène restant	17,46
Acide carbonique apparu	3,17
Azote, par différence	79,37
	100,00

2° Cerveau :

Oxygène restant	16,32
Acide carbonique apparu. . . .	3,40
Azote, par différence.	80,28
	100,00

3° Foie :

Oxygène restant	15,78
Acide carbonique apparu. . . .	6,02
Azote, par différence.	78,20
	100,00

4° Reins :

Oxygène restant	15,38
Acide carbonique apparu. . . .	5,38
Azote, par différence.	79,24
	100,00

Cette dernière expérience nous montre que le foie et le rein ont fourni plus d'acide carbonique que les muscles et le cerveau; mais, là encore, la quantité d'acide carbonique apparu répond sensiblement à la quantité d'oxygène disparue dans l'air.

Voici une autre expérience sur la respiration musculaire en présence de l'oxyde de carbone.

Exp. — Sous une cloche remplie d'air, on plaça deux grenouilles écorchées comparativement avec deux autres grenouilles placées sous une cloche de même volume pleine d'air. On fit contracter, par l'excitation galvanique, les grenouilles dans les deux cloches; celles qui étaient dans l'oxyde de carbone furent excitées plus souvent.

Au bout d'une heure, les cuisses de grenouille étaient plus rosées dans l'acide de carbone. Voici l'analyse comparative du gaz dans les deux cloches.

1° Grenouilles dans l'air ordinaire :

Oxygène restant	18,66
Acide carbonique apparu	1,33
Azote, par différence	80,01
	100,00

2° Grenouilles dans l'oxyde de carbone :

Oxygène apparu	1,53
Acide carbonique formé	0,77
Oxyde de carbone et azote, par différence	97,70
	100,00

On a laissé sous les cloches les cuisses de grenouille pendant vingt-quatre heures, et alors l'analyse a donné ce qui suit :

3° Grenouilles dans l'air ordinaire :

Oxygène restant	14,17
Acide carbonique formé	5,22
Azote, par différence	80,61
	100,00

4 Grenouilles dans l'oxyde de carbone :

Oxygène apparu	0,69
Acide carbonique apparu	3,47
Oxyde de carbone (azote?) par différence	95,84
	100,00

Cette expérience semblait prouver que dans l'oxyde de carbone il s'était exhalé de l'acide carbonique en même temps qu'il y avait eu aussi exhalation d'oxygène.

Afin de bien s'assurer de cette exhalation d'oxygène, on à vérifié la pureté de l'oxyde de carbone qui avait été préparé à l'aide de l'acide oxalique, par les procédés ordinaires, et l'on a trouvé que l'oxyde de

carbone contenait 0,81 pour 100 d'oxygène, qui provenait sans doute de l'eau dans laquelle on avait lavé l'oxyde de carbone pour le priver d'acide carbonique.

Pour éviter cette cause d'erreur dans d'autres expériences, on a laissé le gaz dans un mélange de potasse et d'acide pyrogallique.

Malgré cette petite quantité d'oxygène, il semblerait néanmoins qu'il y a eu d'abord exhalation de l'oxygène des muscles; dans tous les cas, il y a eu là plus d'acide carbonique rendu que d'oxygène disparu.

La disparition de l'oxygène au contact du tissu musculaire frais n'est pas empêchée par l'oxyde de carbone, ainsi que le montre l'expérience suivante :

Exp. — On plaça deux cuisses de grenouille dans 14,08 centimètres cubes d'un mélange d'oxygène, d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. Avant l'expérience, la composition du mélange était la suivante :

Acide carbonique	2,38
Oxygène	20,20
Oxyde de carbone	18,50
	41,08

Soit, en centièmes :

Acide carbonique	5,61
Oxygène	49,27
Oxyde de carbone	45,12
	100,00

Après vingt-quatre heures de contact avec les muscles qui n'avaient pas été excités, le gaz avait diminué, et au lieu de 41,08 on n'avait plus que 34,84. Les muscles étaient encore irritables.

Ces 34,84 centimètres cubes de gaz se décomposaient ainsi :

Acide carbonique	5,66
Oxygène	10,55
Oxyde de carbone (peut-être azote)	18,63
	34,84

Soit, en centièmes :

Acide carbonique.	16,41
Oxygène	30,59
Oxyde de carbone (azote?) . . .	53,00
	100,00

En résumé, il y a eu 3,28 centimètres cubes d'acide carbonique exhalé et 9,75 d'oxygène disparu; l'oxyde de carbone n'a pas sensiblement varié.

Sur ces 9,75 d'oxygène, 3,28 ont été transformés en acide carbonique et le reste, 6,47, a été absorbé et est resté fixé dans le muscle; c'est ce qui est cause de la diminution de volume que l'expérience a montrée égale à 6,50 centimètres cubes et que le calcul donne égale à 6,47.

Exp. (28 avril 1858). — On prit deux grenouilles entières et vivantes; on mit l'une dans l'oxyde de carbone et l'autre dans l'acide carbonique, dans une éprouvette sur le mercure.

La première, celle placée dans l'oxyde de carbone, s'agitait beaucoup et respirait activement. La seconde restait tranquille et ne faisait aucun mouvement respiratoire. Au bout d'une heure et demie, elles furent retirées des cloches : toutes deux paraissaient mortes; elles étaient flasques et présentaient à peine quelques mouvements

réflexes. Toutes deux avaient les nerfs moteurs et les muscles irritables à l'excitation galvanique. Le cœur battait chez toutes deux ; seulement la grenouille qui avait séjourné dans l'oxyde de carbone avait le sang très rouge, et celle qui avait été dans l'acide carbonique avait le sang noir.

Voici le résultat de l'analyse des gaz dans lesquels avaient séjourné ces animaux.

1° Oxyde de carbone :

Acide carbonique.	6,80
Oxygène	1,36
Oxyde de carbone et azote, par différence	91,84
	100,00

2° Acide carbonique :

Acide carbonique.	90,83
Oxygène	0,76
Azote (?), par différence	8,41
	100,00

La température, qui a une influence très grande sur les actions des gaz sur le sang, exerce encore une influence très grande relativement aux tissus. C'est ce que montre l'expérience suivante.

Exp.—Les cuisses de deux grenouilles furent placées sur le mercure sous une éprouvette, avec de l'air, et disposées de manière qu'on pût y provoquer des contractions musculaires par l'excitation galvanique.

L'une de ces éprouvettes était entourée de glace et maintenue ainsi à une température basse ; l'autre était au contraire placée dans une étuve à une température tiède.

On provoqua ensuite des mouvements chez ces deux grenouilles. Les contractions étaient faibles chez celle qui était à une température voisine de zéro, elles finirent même par cesser complétement; tandis que les contractions étaient excessivement énergiques chez la grenouille qui était à une température plus élevée.

On retira alors la glace qui entourait l'éprouvette, on la laissa à la température ambiante, tandis que l'autre continua à être chauffée. On vit que dans la première les mouvements devinrent plus forts.

Au bout d'une heure on prit le gaz qui était contenu dans les cloches.

A ce moment les nerfs des deux grenouilles étaient encore irritables; cependant celle qui avait été chauffée l'était beaucoup moins que l'autre.

Voici les résultats de l'analyse de l'air des deux cloches :

1° Air chaud :

Acide carbonique.	2,02
Oxygène	17,56
Azote, par différence.	80,42
	100,00

2° Air froid :

Acide carbonique.	0,73
Oxygène	19,11
Azote, par différence.	80,16
	100,00

En terminant, je vais vous rapporter encore deux expériences sur la couleur du sang.

Exp. (9 mars 1858).— On ouvrit l'artère crurale d'un

chien, et en même temps on suspendit la respiration en lui bouchant le nez : bientôt le sang prit une couleur plus foncée.

On observa, en outre, ce qui suit :

Au moment où l'on cessait de comprimer le nez de l'animal, il faisait une profonde inspiration. Il sortait alors du bout central de l'artère un jet de sang très noir; puis, presque aussitôt après il devenait rutilant.

Exp. (6 mars 1858).—Sur une grenouille qui avait été exposée à l'air pendant deux jours, et sur une autre qui était restée dans l'eau pendant le même temps, on fit sur la couleur du sang les observations suivantes :

La grenouille restée à l'air avait le sang de la veine abdominale rouge. Son foie était noir et les veines efférentes du rein étaient plus noires que les veines qui y entraient.

Chez la grenouille qui était restée dans l'eau, le sang de la veine abdominale était noir. Son foie était rosé, et les veines qui sortaient du rein étaient plus rouges que celles qui y entraient. . . . .

VINGTIÈME LEÇON.

10 MARS 1858.

SOMMAIRE : Réaction du sang. — Sa coagulabilité. — Influence de la température et du système nerveux sur la coagulation du sang. — De la quantité du sang. — Insuffisance des procédés de dosage. — Expériences sur la coagulation.

MESSIEURS,

Le sang, pour remplir ses fonctions relatives à la nutrition, fonctions soit mécaniques, soit chimiques, doit posséder un certain nombre de propriétés essentielles qui ont été étudiées depuis longtemps et dont je dois vous dire ici quelques mots en choisissant seulement quelques-uns des points qui nous intéressent le plus particulièrement.

D'abord, le sang est un liquide alcalin, et cette propriété est tellement constante, que jamais on n'a trouvé au sang une autre réaction sur l'animal vivant et dans les conditions physiologiques. Il est bon de faire cette distinction ; car, après son extraction des vaisseaux, le sang peut quelquefois acquérir des propriétés acides, et c'est ce qui arrive quand il contient une certaine proportion de sucre ; une fermentation lactique, s'établissant alors, peut donner lieu à cette réaction acide. Mais dans l'animal vivant, la réaction du sang ne peut jamais être qu'alcaline, et toutes les explications de maladies, du diabète par exemple, qu'on a fondées sur cette prétendue acidité du sang, ne sont que des hypothèses sans fondement réel.

Nous avons essayé de rendre le sang acide en faisant dans les veines l'injection de solutions étendues d'acide acétique ou lactique. Dans aucun cas, nous n'avons pu rendre le sang acide, et la mort des animaux précédait toujours de beaucoup le moment même de la neutralisation.

Relativement à l'acidification qui peut survenir dans le sang après que ce liquide a été retiré du corps, il y a des différences à établir relativement aux organes qui ont fourni le sang. Ainsi, le sang du foie, des veines sus-hépatiques, est celui qui s'acidifie le plus ordinairement; puis vient le sang veineux du cœur; enfin le sang veineux des reins, celui de la rate, sont toujours très alcalins.

La réaction alcaline du sang serait-elle due à la présence d'un alcali libre, ou bien à un carbonate alcalin? Cette question est difficile à résoudre. Voici néanmoins un procédé qui pourrait permettre de la juger. Voici une expérience dans laquelle ce procédé a été suivi:

1° Ajouter au sang, du chlorure de baryum, et agiter;

2° Faire coaguler le sang par la chaleur, et filtrer;

3° Dans le liquide filtré, faire passer de l'acide carbonique.

S'il y a dans le sang un alcali libre, soit de la soude par exemple, il devra se former du chlorure de sodium, et de la baryte sera mise en liberté; et celle-ci sera décelée par l'acide carbonique qui formera un carbonate insoluble, à moins que la réaction ne soit gênée par l'union de la baryte avec les matières animales.

Exp. — Du sang de bœuf, pris à l'abattoir, fut soumis le jour même à l'examen suivant:

On fit cuire le sang par la vapeur d'eau ; on filtra le liquide, qui fut concentré par le froid dans un mélange de glace et de sel. La liqueur restante, non congelée, réduite à un petit volume, fut additionnée d'un peu de chlorure de baryum qui y détermina un précipité blanc. Ce précipité fut conservé dans un flacon bien bouché, à l'abri du contact de l'air, et dans un lieu frais, pendant vingt-quatre heures.

Alors on décanta le liquide pour séparer le précipité, et l'on versa sur ce précipité un acide qui produisit une très vive effervescence ; ce qui donnait la preuve de l'existence de carbonates dans le sang de bœuf.

Exp. — Sur un chien à jeun depuis dix jours, on recueillit du sang qu'on laissa coaguler ; puis on broya le caillot avec une grande quantité d'acétate de soude, pensant ainsi tout coaguler. Mais cet essai n'ayant pas réussi, on coagula le mélange par la chaleur au bain-marie ; puis on filtra le liquide, et l'on y ajouta du chlorure de baryum qui donna lieu à un précipité qui, après avoir été lavé, ne faisait nullement effervescence avec les acides, dans lesquels il se dissolvait partiellement : ce qui semblait indiquer que, dans ce cas, il n'y avait pas de carbonates.

Ces expériences porteraient à penser qu'il y a dans le sang de bœuf une beaucoup plus grande quantité de carbonate que dans le sang de chien à jeun ; il serait intéressant de savoir s'il en serait de même pour le sang de chien en digestion.

Une autre propriété du sang, sur laquelle on a beaucoup insisté, surtout au point de vue pathologique, est

la coagulabilité qui peut survenir quelquefois pathologiquement dans les vaisseaux de l'individu vivant (et dans ces dernières années on a fait jouer un grand rôle à ces coagulations pour expliquer certaines morts subites ou des gangrènes partielles); mais la coagulabilité du sang a été surtout étudiée dans le sang retiré des vaisseaux, et jouissant alors de la propriété de se coaguler spontanément.

Je n'ai pas l'intention de vous énumérer toutes les idées qui ont été émises sur la cause de ce phénomène. Les opinions sont d'autant plus multipliées sur ce sujet que le phénomène est plus inconnu. En effet, nous pouvons avouer que, malgré tous les travaux entrepris sur la coagulation du sang, nous ignorons encore la cause essentielle de ce phénomène. Je me bornerai donc ici à vous donner quelques faits que nous avons expérimentés, et particulièrement ceux qui se rapportent à l'influence du système nerveux sur cette propriété du sang. Et d'abord nous devons dire que la température a une influence évidente sur la coagulabilité du sang; et cette influence se rapporte plutôt à la température propre de l'animal qui fournit le sang qu'à la température extérieure à laquelle ce sang se trouve exposé lorsqu'il est sorti de l'organisme.

Ainsi, par exemple, si l'on retire du sang à un chien ou à un lapin, et que l'on place, d'une part, une portion de ce sang à une température basse, et que l'on maintienne l'autre à une température voisine de celle du corps de l'animal, on pourra bien, dans certains cas, voir le sang refroidi se coaguler un peu plus lentement

que l'autre; mais jamais la différence n'est bien notable. Tandis que si, au lieu de cela, on refroidit le sang dans les vaisseaux en refroidissant l'animal lui-même, on le voit alors perdre sa coagulabilité; nous avons souvent vérifié ce fait sur des cochons d'Inde, comme il suit.

Deux cochons d'Inde étant dans les mêmes conditions, l'un était placé dans de la glace ou sur du mercure, de manière à se refroidir. Au bout de quelques heures, la température de l'animal avait considérablement baissé, et la mort par suite de cet abaissement de température était devenue inévitable. La respiration avait considérablement diminué, et le sang, ainsi que nous l'avons déjà dit, se montrait rutilant dans les artères et dans les veines. Alors, si l'on saignait l'animal dans cet état, son sang, quoique rutilant, se coagulait très difficilement et très lentement; tandis que chez l'autre cochon d'Inde, laissé dans des conditions normales, le sang se coagulait rapidement quand il était sorti des vaisseaux.

C'est à cette influence du froid pour empêcher la coagulation du sang qu'il faut rapporter les différences qu'on observe sur la coagulabilité du sang chez les animaux à sang froid pendant l'hiver et pendant l'été. Pendant l'hiver, le sang des grenouilles se coagule très lentement, surtout si on le maintient au froid, et sa coagulation est assez lente pour que les globules du sang puissent se précipiter, tandis que la liqueur du sang reste parfaitement liquide et transparente au-dessus d'eux. On peut même filtrer le sang, et les globules volumineux de la grenouille restent sur le filtre, tandis que la fibrine et l'albumine passent.

Dans l'été, il n'en est pas ainsi : le sang des grenouilles se coagule très vite et les phénomènes que nous venons de signaler ne s'observent plus.

Si la chaleur de l'animal semble toujours en rapport avec la coagulabilité de son sang, il ne faut cependant pas que cette élévation de température soit portée trop loin. On observe, en effet, qu'en faisant mourir des animaux dans une étuve, alors que leur température s'élève jusque vers 45 degrés, leur sang noir se coagule souvent avec une grande difficulté.

Nous arrivons actuellement à l'influence que le système nerveux peut exercer sur la coagulabilité du sang.

Déjà, depuis longtemps, j'ai rapporté des expériences qui montrent que chez le cheval la coagulation du sang est modifiée par la section du grand sympathique dans le cou. Cette expérience mérite quelques explications.

D'abord il faut savoir que chez le cheval le sang veineux présente la singulière propriété de laisser ordinairement au-dessus de son caillot une espèce de couenne qu'on appelle le caillot blanc, et qui n'est autre chose que de la fibrine privée de globules. Or, voici le mécanisme de la formation de ce caillot. Le sang veineux du cheval, en vertu d'une propriété qui semble lui être spéciale, se coagule lentement. Il faut dire que le sang veineux est à une température moins élevée que le sang artériel. D'autre part, les globules du sang tendent à se précipiter avec une grande facilité, même sur le vivant, lorsqu'on arrête le sang dans la veine. Il en résulte que lorsque le sang est tiré dans une éprouvette hors du corps, les globules tombent et laissent à la surface une

couche de fibrine qui présente dès lors la coloration jaunâtre de la fibrine; tandis qu'au-dessous le caillot est rouge et présente la coloration propre aux globules. Si sur un cheval dont le sang offre les caractères ci-dessus indiqués, on vient à faire la section du grand sympathique, on voit que le sang pris quelque temps après dans la même veine se coagule plus vite, et assez vite pour que le caillot blanc n'ait plus le temps de se former ou n'ait le temps que de se former très incomplétement. Le fait, considéré en masse, semblerait indiquer que le nerf exerce une influence directe sur la coagulabilité du sang; mais, si nons analysons le phénomène, nous serons bientôt convaincus que le nerf n'agit pas directement, et que c'est uniquement par les conditions mécaniques qu'il a déterminées que s'est développé un excès de température qui a été la seule cause de cette augmentation de coagulabilité. En effet, après la section du grand sympathique, nous savons que la circulation devient plus active, que la température du sang veineux augmente : en même temps la coagulabilité du sang devient plus grande.

Si, au lieu de couper le nerf sympathique, on avait échauffé le sang, soit en faisant préalablement courir l'animal, soit, comme l'ont fait MM. Trousseau et Leblanc, en plongeant dans l'eau chaude l'éprouvette qui l'a reçu au sortir des vaisseaux, on eût de la même manière augmenté la coagulabilité du sang et empêché la formation du caillot blanc. De sorte qu'ici, le nerf n'agit en réalité que par la température plus élevée qu'il détermine indirectement.

Tout le monde sait que la défibrination du sang s'obtient par le battage du sang. Or, il arrive quelquefois qu'après avoir ainsi défibriné le sang, il se coagule de nouveau sans qu'on puisse cependant en tirer davantage de fibrine. Le sang de certains organes, tels que la rate, les reins, présente plus particulièrement ce phénomène. Nous avons vu aussi que certains liquides, tels que les urines et le suc pancréatique, présentent quelquefois une sorte de coagulabilité qui ne peut pas être rapportée à la fibrine.

Le sang présente encore une autre propriété à laquelle on a donné le nom de cristallisation du sang, et qui a été surtout étudiée dans ces derniers temps par Lehmann. Nous n'avons aucune observation particulière à vous donner à ce sujet.

Nous arrivons maintenant à une autre question, sans contredit, une des plus difficiles de celles qui peuvent avoir rapport au sang. Je veux parler de la quantité de sang qui existe dans un animal. On a étudié cette question sous de nombreux aspects et donné, pour la résoudre, des procédés multipliés. Ces procédés, il faut le reconnaître, conduisent à des résultats excessivement variables.

Sans faire la critique d'aucun procédé en particulier, je dirai seulement qu'en les supposant même tous bons, on ne pouvait pas arriver à des résultats rigoureux, parce qu'on néglige la condition physiologique du phénomène : l'état dans lequel se trouve l'animal, état qui, suivant moi, détermine des différences considérables dans la quantité de sang que renferme son corps.

Je crois, en effet, que la quantité du sang varie incessamment, et que chez le même animal, selon qu'il est à jeun ou en digestion, la quantité de sang peut varier du simple au double. Cela peut se prouver de plusieurs manières. D'abord, quand on décapite l'animal subitement et qu'on recueille le sang qui s'écoule, on voit que cette quantité, pour deux animaux primitivement du même poids, est beaucoup plus considérable chez celui qui était en digestion que chez celui qui était à jeun.

De même, si sur deux animaux dans ces conditions on vient à injecter dans les veines un poison, une solution très étendue de strychnine par exemple, on verra qu'il en faut beaucoup moins pour empoisonner l'animal à jeun que pour empoisonner celui qui est en digestion, ce qui s'explique parce que, pour que l'effet toxique ait lieu, il faut qu'il y ait entre la quantité du sang et celle du poison un rapport qui est toujours le même, rapport atteint d'autant plus vite que le sang est en moindre quantité.

Exp. — Sur un lapin de 1 kilogramme, en digestion, on peut aspirer 30 grammes de sang du cœur sans le tuer, tandis que s'il est à jeun, la soustraction de 15 grammes de sang le tue.

Sur une vieille chienne à jeun, de taille moyenne, on retira, à l'aide d'une sonde, 250 grammes de sang du cœur. L'animal mourut; sans doute, parce qu'il était à jeun, car la soustraction de cette quantité de sang ne produit pas ordinairement la mort.

J'avais même pensé autrefois fonder un procédé de dosage du sang sur la quantité de poison qu'il aurait

fallu pour produire un effet toxique. Ce procédé eût été une sorte de dosage du sang, à l'aide d'un liquide titré dont l'animal eût été le réactif. Cette idée mériterait peut-être d'être poursuivie.

Sans insister davantage sur les propriétés générales du sang, nous terminerons en vous donnant quelques expériences relatives aux faits énoncés dans cette leçon.

Exp. — Sur un chien ayant servi à beaucoup d'expériences. Ce chien, guéri, étant resté très vorace, étant à jeun, fut tué par l'injection dans la veine porte d'une certaine quantité de curare en solution. Le chien mourut au bout de quelques instants avec les symptômes ordinaires de l'empoisonnement par le curare. Alors on coupa tous les tissus du cou au-devant de la colonne vertébrale pour recueillir le sang qui s'écoulait par les vaisseaux, en même temps qu'on pressait l'abdomen et le thorax pour en faire écouler une plus grande quantité.

Le sang ainsi recueilli était noir, ne rougissait pas à l'air, et ne se coagula pas. Une partie séreuse et claire se sépara au-dessus des globules qui tombèrent au fond. Cette partie transparente représentait la liqueur du sang, c'est-à-dire la fibrine et l'albumine en dissolution ; elle était alcaline et donnait une réduction abondante par le liquide cupro-potassique.

En ajoutant un peu d'eau albumineuse à cette liqueur du sang, on observa bientôt ce fait singulier qu'elle se coagula et se solidifia à la façon d'un liquide fibrineux. Pour savoir si c'était l'albumine qui déterminait cette coagulation, on fit les essais suivants :

On ajouta comparativement dans la liqueur trans-

parente du sang de l'eau albumineuse et de l'eau ordinaire en quantités sensiblement égales. Par l'addition de l'eau albumineuse, la coagulation se fit environ en une heure et demie. Elle fut beaucoup plus lente avec l'eau seule, mais elle se fit néanmoins.

On ajouta ensuite de l'eau ordinaire, légèrement alcalinisée avec du carbonate de soude : la solidification eut également lieu au bout de trois à quatre heures.

On ajouta, dans une autre portion, une plus forte dose d'alcali ; et le lendemain la coagulation n'avait pas eu lieu.

Enfin, on ajouta dans une autre portion de la liqueur du sang un peu de blanc d'œuf qui n'avait pas été étendu d'eau ; le lendemain, la solidification du liquide n'avait pas encore eu lieu. Alors on ajouta au mélange un peu d'eau ordinaire, et, au bout de très peu de temps, d'un quart d'heure au plus, la solidification de la masse était complète.

Toutes ces expériences semblent montrer que ce n'est pas l'albumine, que ce n'est pas l'alcali, qui ont l'influence la plus marquée sur cette coagulation ; mais que c'est la proportion d'eau qui se trouve dans le sang.

Il est difficile de savoir si cette particularité, observée chez cet animal, provient de ce qu'on lui a injecté du curare dans la veine porte, ou si les mêmes faits se présenteraient en injectant de l'eau seule ; ou enfin, si les expériences antérieures auxquelles avait été soumis l'animal n'ont pas été pour quelque chose dans les réactions qu'a présentées le sang. Dans tous les cas, il

est remarquable de voir du sang qui ne se coagulait pas et qui ne rougissait pas à l'air.

Deux jours après, on examina de nouveau le sang, et il existait toujours à la partie supérieure une liqueur transparente non coagulée ; et les globules de sang ne rougissaient pas quand on les agitait à l'air. Alors, en ajoutant un peu d'eau, les globules devinrent à l'air d'un rouge plus vif ; la même chose se produisit en ajoutant un peu d'albumine d'œuf.

On pourrait peut-être rapprocher ce fait de certains cas dans lesquels le sang de la veine rénale ne se coagule pas.

Exp. — Sur un chien de taille moyenne, encore jeune, étant en digestion, on avait mis à découvert les racines lombaires de la moelle épinière, et on y avait constaté très nettement l'existence de la sensibilité récurrente. La plaie fut recousue et on laissa l'animal en repos jusqu'au lendemain. Alors on pratiqua l'expérience suivante :

On fit la ligature de la veine porte par le procédé ordinaire, après quoi on ouvrit largement l'abdomen.

Les intestins étaient médiocrement injectés, moins qu'ils ne le sont chez un animal en digestion bien portant. Par une incision faite au-dessous de la ligature, on recueillit le sang venant des intestins ; mais l'animal tomba rapidement en syncope par suite de cette saignée de la veine porte. Alors on retira encore sur ce chien qui venait de périr du sang des veines hépatiques, puis du sang de la veine cave inférieure. Ces différents sangs laissèrent séparer un sérum parfaitement limpide ; ils se coagulèrent tous avec une très grande rapidité, of-

frant des caillots de consistance sensiblement égale. Cette identité du sang est en désaccord avec une autre observation, dans laquelle le caillot de la veine porte était beaucoup plus diffluent que celui des veines sus-hépatiques. Cette différence tiendrait-elle à ce que, dans ce cas, l'opération aurait amené une réaction inflammatoire qui aurait donné au sang une plus grande plasticité ? Il faut ajouter encore que chez ce chien, le foie ne contenait point de sucre, et que, par conséquent, vingt-quatre heures avaient suffi pour faire disparaître tout celui que cet organe contenait au moment de l'opération. Enfin, la digestion avait été arrêtée par le fait de l'opération pratiquée sur les racines rachidiennes, car, le lendemain de l'opération, on trouva dans l'estomac des aliments encore non digérés, et l'on vit les vaisseaux chylifères à demi remplis par un chyle blanchâtre qui semblait y avoir séjourné.

Exp. — Chez deux lapins qui avaient été piqués et par suite rendus diabétiques, on a remarqué que le sang, qui était rutilant et sucré, s'est coagulé plus vite pour le sang veineux que pour le sang de l'artère.

Exp. — Sur un autre lapin qui était à jeun, avec des urines acides, mais dans les conditions normales, on a constaté un rapport inverse dans la coagulation du sang, et c'est le sang de l'artère qui s'est coagulé beaucoup plus vite que le sang de la veine.

Exp. (6 avril 1854). — Vieux cheval, assez vigoureux, et atteint d'une tumeur blanche de la jambe antérieure.

1° A dix heures trente minutes, on découvrit les artères coronaires de la face des deux côtés, et on prit

les pressions sans s'être assuré si l'on opérait sur les rameaux artériels correspondants.

On obtient comme pression différentielle :

En faveur du côté droit, 20 millimètres, avec une pression de 10 millimètres.

On prit ensuite la pression séparément dans les deux artères, et l'on obtint : à droite, 80 à 100; à gauche, 100 à 120.

Craignant qu'il n'y eût quelque obstacle dans l'instrument, on reprit une seconde fois la pression, après avoir nettoyé les tubes, et on obtint, comme différence, en faveur du côté droit, 20 millimètres, différence qui n'existait que sous forme de pulsation.

On prit ensuite séparément la pression absolue dans les deux artères, et on trouva : à gauche, 120 à 140; à droite, 140 à 150.

Les pulsations étaient au nombre de 44 par minute.

2° A onze heures dix minutes, on coupa le nerf sympathique du côté droit, après en avoir lié le bout supérieur.

3° A onze heures 30 minutes, on reprit les pressions absolues. Elles n'avaient pas varié, bien que l'oreille droite fût très chaude. Voici les résultats qu'on obtint : à gauche, 120 à 140; à droite, 130 à 145.

4° A midi, on reprit les pressions absolues, et on trouva : à gauche, 100 à 110; à droite, 120 à 130, avec 43 pulsations par minute.

5° A deux heures quarante-cinq minutes, on reprit les pressions absolues : à droite, 100 à 120; à gauche, 80 à 90, avec 45 pulsations par minute.

6° A quatre heures, on prit les rameaux musculaires carotidiens à droite et à gauche vers la partie inférieure du cou, et on obtint : à droite, 120 à 160 ; à gauche, 120 à 135, avec 48 pulsations par minute.

Ce cheval n'a pas été saigné. Cette expérience a fourni des résultats moins clairs que les autres, sans qu'on puisse rattacher ces anomalies à rien, si ce n'est peut-être à une lésion concomitante du pneumogastrique.

Exp. — Cheval affaibli, morveux, à jeun depuis vingt-quatre heures :

1° A onze heures vingt et une minutes, on saigna la veine jugulaire du côté droit. Le sang était noir et se coagula lentement en donnant un caillot blanc qui occupait la moitié environ de l'éprouvette.

2° A onze heures vingt-cinq minutes, on coupa le nerf sympathique du côté droit.

3° On saigna de nouveau l'animal à la jugulaire droite, à onze heures trente-huit minutes, c'est-à-dire treize minutes après la section du sympathique. Le sang qui coulait par une petite ouverture, et en bavant, était beaucoup plus rouge qu'à la première saignée, et il s'était coagulé en sept minutes sans donner de caillot blanc.

4° A onze heures cinquante-trois minutes, on prit du sang en ouvrant le rameau musculaire de l'artère carotide. Le sang était coagulé à midi, avec un caillot blanc qui occupait le tiers supérieur de l'éprouvette.

Exp. — Cheval petit, vif, âgé de douze ans environ, à jeun.

1° On découvrit les artères coronaires des deux côtés de la face, mais on n'avait pas les branches correspondantes. On y appliqua séparément le manomètre, et on obtint : à gauche, 130; à droite, 100.

De chaque côté la pulsation était de 10 à 15 millimètres.

L'animal avait eu à subir une douleur assez prolongée, dans l'essai qu'on avait fait d'extirper le ganglion jugulaire du sympathique du côté droit.

2° A deux heures trente minutes, on coupa à droite le nerf sympathique.

3° Aussitôt après la section, on trouva les pressions : à droite, 130 à 160; à gauche, 130 à 170; le nombre des pulsations était de 39 par minute.

4° A quatre heures, on reprit les pressions absolues dans les deux artères : à droite, 100 à 160; à gauche, 110 à 130; le nombre des pulsations était de 52 par minute.

A ces expériences assistaient MM. les professeurs Gerlach, Dietrich, Eckhardt, M. le docteur Goll, etc.

Exp. (7 février 1854). — Sur un petit cheval hongre, vigoureux, âgé de douze à treize ans, ayant mangé pendant la nuit, on fit l'expérience suivante :

1° On fit une saignée à la veine jugulaire gauche. Ensuite on découvrit l'artère carotide du même côté et on recueillit le sang dans une éprouvette en divisant un petit rameau qui se distribue au sterno-cléido-mastoïdien.

Alors on découvrit le nerf sympathique du côté droit et du côté gauche du cou. On le sépara du pneumogastrique avec soin; on en fit la ligature, puis la sec-

tion au-dessous de cette ligature. Dans toutes ces opérations le nerf se montra insensible.

Aussitôt après la section du sympathique, les oreilles devinrent chaudes ; la pupille était contractée des deux côtés sans présenter de déformation. Les narines étaient rétrécies ; la portion interne surtout paraissait plus affaiblie et moins mobile qu'avant l'opération. Les paupières ne paraissent pas plus rétrécies qu'avant l'opération.

Aussitôt après la section des pneumogastriques, l'animal avait 76 pulsations et 14 respirations par minute.

On le laissa en repos pendant une demi-heure.

Après ce temps, on trouva la tête très chaude ; les respirations, qui étaient devenues plus pénibles, étaient descendues au nombre de 10 par minute. L'air qui sortait par les narines de l'animal se condensait en vapeur, ce qui n'avait pas lieu avant l'opération ; cela tenait à la température des parties devenue plus élevée.

Après trois quarts d'heure, on revit l'animal qui était dans le même état ; seulement la tête de l'animal commençait à se couvrir de sueur, surtout les joues et le front, qui étaient devenus très chauds.

A ce moment, on recueillit du sang de la veine jugulaire gauche par l'ouverture qui y avait été faite précédemment avec un instrument appelé flamme. On recueillit également du sang de la veine jugulaire droite ; puis enfin du sang de l'artère carotide gauche.

On examina ensuite le sang, et voici les caractères qu'il présentait :

Avant la section du sympathique, le sang veineux

était noir et le sang artériel rouge ; tous deux se coagulaient lentement ; la couenne ou le caillot blanc était considérable. Après la section du grand sympathique, le sang veineux recueilli était rouge comme le sang artériel ; mais il redevint noir presque aussitôt après qu'il fut sorti du vaisseau, beaucoup plus vite que le sang artériel. La coagulation du sang était devenue beaucoup plus rapide, et la proportion de la couenne moins considérable.

Voici les détails de chaque observation :

N° 1. *Sang de la veine jugulaire gauche avant la section du sympathique.*

Sang noir ; n'a été complétement coagulé qu'après trois quarts d'heure ; caillot noir, mou à la partie inférieure. Le caillot blanc occupe dans l'éprouvette la moitié de la hauteur totale du caillot.

Il y a 161 grammes de sang qui donnèrent en fibrine sèche 0gr,945, ce qui fait en centièmes 0,586.

N° 2. *Sang de la veine jugulaire interne, une heure après la section du sympathique.*

Sang rutilant ; coagulation presque instantanée, complète au bout de cinq minutes. Caillot blanc très petit.

Il y a 163 grammes de sang qui donnèrent en fibrine sèche 0gr,845, ce qui fait en centièmes 0,524.

N° 2 *bis. Sang de la veine jugulaire externe, trois quarts d'heure après la section du sympathique.*

Sang rouge. Coagulation rapide. Caillot blanc à peu près nul. Caillot ferme dans toutes ses parties.

On a 157 grammes de sang qui donnent en fibrine sèche 0gr,760, soit, en centièmes, 0,484.

N° 3. *Sang artériel avant la section du sympathique.*

Sang rouge; coagulation lente. Caillot blanc formant la moitié de la longueur totale du caillot.

Il y a 44 grammes de sang qui donnèrent en fibrine sèche 0gr,205, soit, en centièmes, 0,465.

N° 4. *Sang artériel une heure après la section du sympathique.*

Sang rouge; coagulation lente. Caillot blanc formant la moitié de la longueur totale du caillot.

Il y a 192 grammes de sang qui donnèrent en fibrine sèche 0gr,930, soit, en centièmes, 0,484.

D'après ces observations, on voit que la section du grand sympathique n'a pas changé sensiblement les caractères du sang artériel qui a conservé la même couleur et la même lenteur à se coaguler. Tandis que, au contraire, la section du grand sympathique a modifié le sang veineux dans sa couleur, et surtout dans la rapidité de sa coagulation, telle que le caillot blanc n'avait presque plus le temps de se former. Ceci prouve bien évidemment que le grand sympathique agit en modifiant le sang dans les capillaires et non pas simplement en paralysant les vaisseaux, car on ne comprendrait plus alors comment le sang artériel se trouverait modifié, quant à la rapidité de sa coagulation, par son passage à travers des vaisseaux paralysés.

Enfin, on remarquera ici que la rapidité plus grande de la coagulation qui s'est manifestée dans le sang veineux après la section du grand sympathique, ne coïncide pas avec une augmentation de fibrine dans ce liquide; ce qui ferait penser que la coagulabilité du sang

est une propriété indépendante de la quantité de fibrine.

Exp. (5 mars 1854). — Un cheval très vigoureux, âgé d'environ six ans, très bien nourri, fut maintenu à l'aide d'entraves, et abattu. On recueillit du sang de la veine jugulaire droite, après quoi on découvrit du même côté le pneumogastrique, le grand sympathique et l'artère carotide. On passa un fil au-dessous du grand sympathique sans le couper, et on recueillit de nouveau du sang de la veine jugulaire.

Alors on introduisit le thermomètre Walferdin dans la veine jugulaire, en portant la cuvette en haut, du côté de la tête, et l'on fit les observations suivantes :

(On commença à deux heures, et les observations durèrent treize minutes.) On eut :

285,5	285,7
285,8	285,5
285,6	

Alors on entoura la tête de l'animal de ouate, et l'on mit par-dessus une couverture de laine ; puis on coupa le nerf sympathique droit. Il était deux heures treize minutes.

A deux heures 37 minutes, on retourna l'animal du côté gauche, et avec la flamme on retira du sang de la veine jugulaire.

A deux heures quarante-sept minutes, on introduisit dans cette veine, du côté de la tête, le thermomètre Walferdin, et l'on fit l'observation suivante :

292,0	292,5
292,0	292,5
292,1	292,5
292,4	292,5
292,5	

A trois heures, on retourna le cheval, et on introduisit le thermomètre dans la veine jugulaire droite dont la plaie avait été seulement fermée avec une épingle, et, portant le thermomètre du côté de la tête, on obtint les chiffres suivants :

292,0	292,5
292,0	292,6
292,1	292,7
292,2	292,7
292,2	292,7
292,3	

A trois heures cinq minutes, on ouvrit l'artère carotide droite, et on introduisit le thermomètre du côté du cœur. On obtint :

294,0	294,0
294,0	294,0

On prit alors du sang artériel venant du côté du cœur. La ouate et la couverture furent enlevées, et on vit que la transpiration était plus abondante sur le côté droit de la face. Pendant toutes les opérations, l'animal s'était constamment débattu et très vigoureusement.

Les observations précédentes montrent que chez ce cheval la température a été très peu supérieure dans la veine du côté où le sympathique avait été coupé, à ce qu'elle était dans la veine du côté opposé; et que, dans tous les cas, cette température du sang veineux a été un peu moins forte que celle du sang artériel.

Faut-il attribuer cette différence de résultat à ce que l'animal s'est violemment débattu? — On voit, en effet, que la température dans la veine jugulaire était beaucoup moins élevée au début de l'expérience.

Voici les observations que l'on a faites sur la coagulation du sang chez cet animal.

En faisant les diverses saignées de la veine jugulaire sur le cheval couché par terre, de telle sorte que cette veine était placée horizontalement, on fit cette observation très singulière, qu'en faisant avec la pointe des ciseaux une très petite ouverture à la partie la plus élevée du calibre de la veine, on obtint un jet de liquide complétement séreux, d'un jaune citrin, et ne contenant pas de matière colorante appréciable à l'œil nu. En faisant, au contraire, une ouverture sur la face de la veine devenue inférieure par la position dans laquelle se trouvait l'animal, on obtint un jet de sang très noir. Ces deux portions de sang, mises séparément, donnèrent, dans le premier cas seulement, un caillot blanc sans caillot rouge; et, dans le second cas, il y eut un caillot blanc et un caillot rouge. Quand on fait une saignée chez un cheval, il faut donc, si l'on recueille le sang pour des observations comparatives, que l'ouverture de la veine ait la même largeur.

On voit donc, d'après les observations qui précèdent, que déjà dans les vaisseaux, sur l'animal vivant, les globules du sang ont, à cause de leur densité plus considérable, de la tendance à tomber dans les parties déclives du système circulatoire; et c'est le mouvement produit par les pulsations du cœur qui tient mélangées la partie fluide (*liquor sanguinis*) et la partie colorante du sang qui est en suspension.

On a répété plusieurs fois les observations précédentes sur les deux veines jugulaires de ce cheval, et on favorisait singulièrement cette précipitation des globules dans la veine en y arrêtant le cours du sang. C'est alors

qu'en piquant cette veine dans la partie la plus élevée, on avait un liquide tout à fait pur de matière colorante, tandis que, lorsque le sang était en mouvement, on voyait des globules apparaître dans ce liquide qui d'abord coulait parfaitement clair ; ils étaient seulement beaucoup moins abondants que lorsqu'on piquait la veine à sa partie inférieure.

Les particularités précédemment signalées s'observeraient sans doute chez d'autres chevaux saignés dans la même position, car on ne peut pas supposer que ce soit l'effet de la morve. Néanmoins, il est possible que l'état de pleine digestion et de vigueur de l'animal ait été une condition favorable à l'observation de cette propriété du sang.

Quant à la coagulation des différents sangs qui ont été recueillis, on a obtenu les résultats suivants :

On a observé que le sang de la veine jugulaire droite, après la section du grand sympathique, s'était coagulé plus rapidement qu'avant la section de ce nerf.

Le sang de la veine jugulaire gauche, examiné en même temps, s'était coagulé plus lentement, quoiqu'au thermomètre la température parût à peu près égale. Enfin, chez ce cheval, la coagulation du sang artériel fut plus rapide que celle du sang veineux, même après la section du grand sympathique.

Exp. (3 mars 1854). — Sur un cheval bai, hongre, âgé de vingt ans, d'une grande taille, de race allemande, à jeun, on fit les expériences suivantes :

1° On découvrit les artères coronaires de la face des deux côtés, et on appliqua l'hémodynamomètre différentiel.

On eut une élévation de 4 millimètres au profit du côté droit, c'est-à-dire dans la branche gauche de l'instrument.

Les pulsations étaient au nombre de 32 par minute, les respirations de 12.

La pression isolée de l'artère du côté droit, mesurée avec le même instrument, donna :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
94 millim.	114 millim.	20 millim.

A gauche, on eut :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
90 millim.	110 millim.	20 millim.

2° On fit alors une saignée de 60 grammes environ à la veine jugulaire droite.

Puis on découvrit le nerf grand sympathique du côté droit et au milieu du cou. Il était onze heures et demie lorsqu'on fit la section du grand sympathique, l'animal étant tout à fait calme. Une heure après, à midi et demi, on revint et on observa l'échauffement de l'oreille et de la tête à droite ; en même temps, il y avait une sueur très forte. L'animal, moins calme, paraissait devenu inquiet.

On appliqua l'hémodynamomètre différentiel sur les deux artères coronaires successivement, et on eut :

Pour le côté droit :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
115 millim.	190 millim.	de 20 à 75 millim.

Pour le côté gauche :

Minimum.	Maximum.	Oscillations.
74 millim.	124 millim.	de 20 à 50 millim.

On examina ensuite le temps nécessaire à la coagulation du sang et l'on observa ce qui suit :

Le sang de la veine jugulaire droite, recueilli avant la section du grand sympathique, n'était pas encore coagulé au bout de deux heures. Le sang recueilli dans la même veine une heure après la section du grand sympathique, avait commencé à se coaguler au bout de cinq minutes; la coagulation était complète au bout de quinze.

Le sang de la même veine, une heure et demie après la section du grand sympathique, se comporta à peu près de la même manière; au bout de quinze minutes la coagulation était complète.

On voit, d'après les expériences hémométriques, que la section du grand sympathique dans la région du cou a déterminé une augmentation de pression considérable dans l'artère du côté correspondant à cette section, et seulement de ce côté. C'est là un fait qui prouve que la pression du sang dans les vaisseaux peut offrir des modifications indépendantes de l'action du cœur.

Exp. — Sur un lapin qui était mort en respirant du chlore, le sang de l'animal était devenu très noir, se se coagula et dégagea des bulles nombreuses de gaz.

Exp. (28 janvier 1843). — Sur un chien de taille moyenne, on fit simultanément une injection de 10 grammes d'une solution saturée de carbonate de soude et de 10 grammes d'une solution au dixième de chlorure de calcium, dans deux veines différentes. L'animal mourut cinq minutes après cette double injection en faisant de grands efforts de respiration.

On remarqua chez cet animal, au moment de l'autopsie faite immédiatement après, que le sang était très fortement coagulé dans les vaisseaux.

Exp. — En plaçant une grenouille dans une solution saturée de chlorure de sodium, l'animal mourut bientôt; et lorsqu'on prit son sang, on remarqua qu'il avait perdu la propriété de se coaguler.

Le même empêchement à la coagulation se manifeste lorsqu'on mélange directement du chlorure de sodium avec le sang tiré hors des vaisseaux.

Exp. — Chez un chien rendu diabétique artificiellement, et tué par décapitation, on recueillit le sang qui s'écoula, on le laissa se coaguler, on constata qu'il était sucré, et on le soumit aux épreuves suivantes :

1° Dans un premier verre, fut placé du sérum pur, ne contenant pas de globules, avec un dixième de son volume de carbonate de soude.

2° Dans un second, du sérum mêlé de globules, plus environ un dixième de la même solution de carbonate de soude.

3° Du sérum et du caillot furent additionnés de un dixième de carbonate de soude.

Enfin, on mit comparativement les mêmes éléments du sang, sans addition de carbonate de soude.

Tous ces verres furent placés sur un poêle, exposés à une température qui pouvait varier de 40 à 60 degrés. On remarqua que les sangs dans lesquels il y avait des globules et auxquels on avait ajouté du carbonate de soude devinrent très rutilants d'abord; mais bientôt ils prirent une teinte noire et une consistance gluante, en même temps qu'il se dégageait des gaz du sang. Toutefois, ce dégagement de gaz cessa bientôt. Le sérum du sang sucré, qui ne contenait pas de globules et qui fut

mélangé également avec le carbonate de soude, ne donna pas lieu à ce dégagement de gaz et ne prit pas la consistance gluante.

On laissa tous ces liquides sur le poêle.

Le lendemain, la chaleur ayant été portée trop haut, on en trouva plusieurs coagulés, et on observa ce fait particulier, que dans le sérum qui avait reçu le carbonate de soude, il s'était développé une odeur de blanc d'œuf frit légèrement hydrosulfurée, tandis que cela n'avait pas lieu pour le sérum qui n'avait pas reçu de carbonate de soude et qui se trouvait dans les mêmes conditions.

Quand on met du carbonate de soude avec le sang, en dehors de l'animal, cela empêche sa coagulation. Mais quand on injecte cette substance dans le sang et qu'on saigne l'animal immédiatement après, on trouve que son sang se coagule très bien, au moins aussi vite que dans l'état normal, de sorte qu'on ne saurait conclure dans ce cas des effets produits en dehors de l'animal à ceux qui peuvent être déterminés quand on agit sur l'animal vivant.

Exp. — Sur un chien chez lequel on avait mis à découvert les racines rachidiennes, ce qui avait donné une hémorrhagie assez abondante qui avait fini par s'arrêter, on fit une injection de carbonate de soude dans le sang. L'hémorrhagie, qui s'était arrêtée, reprit alors avec force sans qu'on pût l'arrêter et l'animal mourut.

Cette circonstance doit être attribuée sans doute à la fluidité du sang causée par l'injection du carbonate de soude. Cependant, il n'en est pas toujours de même;

sur un chien bien portant, qui n'avait pas subi d'opération débilitante, l'injection de carbonate de soude n'a pas paru aussi nuisible.

En abaissant la température d'un animal dans de la glace, on agit sur le sang comme si on le défibrinait, c'est-à-dire qu'il se coagule très difficilement et contient très peu de fibrine ; il est, d'ailleurs, rutilant.

Quand on échauffe un animal dans une étuve jusqu'à la mort, on défibrine également son sang qui se coagule difficilement ; il y a des épanchements dans le poumon ; le sang est noir dans les veines comme dans les artères, et quoique le sang n'ait pas dépassé la température de 45 ou 46 degrés, il a ordinairement perdu la propriété de devenir rutilant à l'air.

VINGT ET UNIÈME LEÇON.

12 MARS 1858.

SOMMAIRE : Rapports de composition du sang avec les produits de sécrétion. — De l'eau du sang ; ses origines possibles. — Des variations dans le rapport qui existe entre la proportion de l'eau et celle des matériaux solides. — Rien ne prouve la formation d'eau dans l'organisme. — L'eau des sécrétions vient du sang. — Des sels minéraux dans le sang et dans les produits de sécrétion. — Des voies électives d'élimination. — De l'élimination du fer. — Urée et acide urique ; leur élimination. — Des matériaux organiques du sang. — Fibrine. — De l'influence de la fibrine sur la coagulation. — Analogies entre la fibrine et l'albumine.

MESSIEURS,

Parmi les matériaux contenus dans les sécrétions, nous avons vu qu'il est une substance, l'acide carbonique, qui est fournie par le sang. Nous avons examiné si c'est à l'élimination de cette substance que, pendant la sécrétion, le sang veineux des glandes devait sa couleur rutilante.

La constatation de ce fait, sur lequel nous avons insisté, nous conduit à examiner s'il n'en est pas de même de quelques-uns des autres produits qui se rencontrent dans les sécrétions, et s'il est possible de les regarder comme séparés du sang dans l'organe glandulaire. Dans cet examen des produits sécrétés, faisons deux parts : les uns, caractéristiques de la sécrétion, sont fabriqués dans l'organe sécréteur ; les autres viennent directement du sang. Quels sont ceux de ces produits qui sont fournis immédiatement par le sang ? — Nous pouvons déjà compter l'acide carbonique.

Mais ce corps n'est pas le seul ; et, laissant là les produits spéciaux, particuliers à une sécrétion déterminée, nous trouverons dans les éléments généraux communs à plusieurs ou à toutes les sécrétions des substances qui, dans la glande, sont simplement séparées du sang comme par un filtre. Deux opinions sont possibles relativement au mécanisme de ces fonctions : d'après l'une, les substances sécrétées seraient formées par l'organe sécréteur par un mécanisme identique avec celui de toutes les évolutions organiques ; l'autre opinion consiste à voir dans les glandes des organes filtrateurs qui, en vertu de simples propriétés physiques de tissus, seraient capables de séparer du sang certains matériaux à l'exclusion des autres. Chacune de ces opinions a été soutenue d'une façon exclusive et a servi à rendre compte, plus ou moins bien, de la présence dans les produits de sécrétion de toutes les substances que l'analyse chimique y décelait. Vous prévoyez déjà qu'on ne doit s'attacher exclusivement à aucune de ces manières de voir, que toutes deux donnent de certains faits une explication satisfaisante, et que la distinction des cas où intervient chacune de ces forces, organique ou physique, peut, au contraire, servir de base à l'appréciation du caractère physiologique des phénomènes à l'étude. Les organes glanduleux sont à la fois des filtres et des organes producteurs de principes organiques.

Tous les produits de sécrétion apparaissent à l'état de dissolution dans un véhicule aqueux. L'eau est donc un élément général commun à toutes les sécrétions. D'où vient-elle ? Est-elle séparée du sang, ou est-elle le résul-

tat d'actions chimiques qui se seraient produites dans l'organe lui-même ?

Cette question présente le plus grand intérêt et elle a été à peine examiné. Établissant un parallèle entre les phénomènes chimiques qui s'accomplissent dans l'économie vivante et ceux qui peuvent se produire dans les essais de laboratoire, les auteurs qui ont écrit sur les effets de la nutrition ont admis dans l'organisme une fixation d'oxygène en tout semblable à celle qui a lieu dans les phénomènes de combustion. Cette vue séduisante devait se produire : l'entrée de l'oxygène dans l'organisme et l'expulsion de l'acide carbonique lui donnaient une très grande vraisemblance. Toutefois, en admettant qu'il en était ainsi, on a complétement négligé un autre phénomène qui devrait nécessairement accompagner le premier : je veux parler de la combustion de l'hydrogène, dont le résultat est de former de l'eau. En disant qu'on a complétement négligé ce phénomène, je veux simplement vous indiquer qu'on n'a rien fait pour s'assurer de sa réalité. Théoriquement, son existence est admise par tous les chimistes, qui pensent, en outre, que chez les êtres vivants l'oxydation de l'hydrogène précède celle du carbone.

Or, Messieurs, les preuves abondent qui établissent qu'il y a chez les êtres vivants formation d'acide carbonique ; mais il n'en est plus de même pour l'eau. Si l'on admet qu'il s'en forme chez les animaux, c'est théoriquement et parce qu'on regarde cette formation comme une conséquence chimique nécessaire de l'oxy-

dation du carbone; mais ce fait n'a pas pu être prouvé expérimentalement; bien plus, les expériences qui ont avec lui quelques rapports tendraient à établir le contraire.

Bien que la production de l'eau dans les voies circulatoires me paraisse très probable, il est utile d'en fournir la preuve par une expérience. Une expérience vous a déjà été rapportée sur la glande sous-maxillaire; seulement nous la vérifierons dans d'autres expériences, en énucléant la glande de manière à s'assurer qu'il n'y a pas d'autre veine que celle qui fournit le sang recueilli par l'expérimentateur.

Des expériences, faites comparativement sur le sang de l'aorte et sur celui de la veine rénale, avaient déjà montré à Simon (de Berlin) que le sang veineux du rein contient moins d'eau que le sang artériel qui arrive à cet organe. Si donc il se forme quelque part de l'eau dans l'organisme, ce n'est pas dans les organes qui en expulsent; ceux-ci ne font que la séparer du sang. Pour arriver à résoudre la question, il deviendrait nécessaire d'examiner avec soin les quantités relatives d'eau que renferme le sang dans les différents points de son parcours. Les données les plus complètes que nous ayons à cet égard nous sont fournies par les expériences de Lehmann. Ce chimiste a recherché quelle était la quantité d'eau du sang veineux dans les petites veines (veines digitales et temporales du cheval); et il a trouvé ces petites veines plus riches en eau que le sang artériel. D'où provient cette eau? s'est-elle formée dans le sang pendant son passage à travers les capillaires? — L'exa-

men du résidu sec montre que non : la proportion d'eau plus grande qu'on trouve dans le sang des petites veines, tient à ce que ce sang s'est appauvri en matériaux solides, à ce qu'il est moins riche en globules. L'augmentation d'eau n'est donc qu'apparente et ne répond pas à une formation qui aurait son siége dans les capillaires.

Lorsque des petites veines on passe aux grosses, on trouve que le sang y contient une proportion d'eau tantôt égale à celle que contient le sang artériel et tantôt moindre. C'est ainsi que la partie inférieure de la veine cave offre un sang aussi riche en eau que le sang artériel, tandis que la même veine, examinée vers les veines sus-hépatiques, offre un sang moins aqueux que le sang artériel. Cette différence peut tenir à deux causes : ou bien de l'eau a été perdue, ou bien des matériaux solides ont été gagnés. Cette dernière hypothèse paraît à Lehmann la plus probable, parce que le sang des veines rénales ayant perdu beaucoup d'eau, apporte dans la veine cave une forte proportion d'éléments solides, d'où résulte au delà une quantité relative d'eau sensiblement moindre. Quant au sang des veines sus-hépatiques, il contient moins d'eau que le sang artériel, et augmente ainsi encore la quantité relative des matériaux solides. La quantité d'eau éprouve donc dans les veines des variations assez nombreuses : plus considérable dans les petites veines que dans les artères, elle l'est, en général, moins dans les grosses. On pourrait, par conséquent, arriver à des conclusions bien différentes, selon que l'examen que l'on fait du sang porterait sur ces différents vaisseaux.

En somme, quand il arrive dans les grosses veines, le sang veineux contient proportionnellement moins d'eau que le sang artériel. En comparant du sang veineux et du sang artériel, on trouve ce dernier plus aqueux. Comment l'eau a-t-elle pu arriver en plus grande quantité dans le sang artériel? — Ce n'est assurément pas en traversant le poumon; bien loin de là. C'est encore à des mélanges de liquides inégalement riches en parties solides qu'il faut attribuer cette augmentation de l'eau. En effet, au moment d'arriver au cœur droit, avant le poumon, par conséquent, le sang veineux a reçu la lymphe qui contient beaucoup plus d'eau que le sang. Les variations dans la quantité d'eau que l'on observe dans le sang s'expliquent donc fort bien, suivant moi, par les additions et les soustractions successives de cet élément qu'on peut suivre dans le trajet circulatoire. Aucun fait n'autorise à tenter une autre explication; nulle part il n'est possible de trouver de l'eau qu'on soit en droit de donner pour le résultat d'une oxydation, qu'on puisse montrer formée par suite de la combinaison directe de l'oxygène et de l'hydrogène.

On sait qu'il est des maladies, le diabète, la polydipsie, dans lesquelles les malades urinent énormément. Il avait semblé à quelques médecins, que dans ces affections, la quantité d'urine était cependant plus considérable que la quantité d'eau ingérée. Nasse ayant tenté de résoudre cette question par des observations faites avec soin, rechercha si la quantité d'eau ingérée, soit à l'état liquide, soit dans les aliments solides, pouvait toujours rendre compte de la quantité d'eau rejetée au de-

hors par les différentes excrétions. Il lui sembla que, quelquefois, les excrétions expulsaient plus d'eau qu'il n'en avait été ingéré; mais il put aussi se convaincre que, dans ces cas, il avait été trompé par les malades sur la nature de leur régime; toutes les fois que cette cause d'erreur a pu être sérieusement étudiée, il a vu que la quantité d'eau expulsée était au moins égale à la quantité ingérée.

Jusqu'ici donc, on n'a aucune preuve du phénomène physiologique de la formation d'eau dans l'organisme, phénomène admis par tous les chimistes. Nous ne voulons pas nier ce résultat des phénomènes d'oxydation, mais nous ne pouvons cependant l'accepter comme démontré que lorsqu'on en aura fourni la preuve.

Une autre question, qui trouve sa place ici, est de savoir si l'eau peut exister en plus grande quantité dans le sang sous l'influence de l'ingestion qu'on en fait, et dans quelles limites pourrait se produire cette augmentation. Pour le voir, il fallait donner à boire à un animal et le saigner comparativement avant et un peu après. On a vu ainsi que la quantité d'eau peut varier suivant les conditions que crée l'alimentation, mais ces variations ne sont pas de longue durée. Si l'on voulait comparer, au point de vue de la proportion d'eau qu'il contient, le sang recueilli dans les diverses parties des voies circulatoires, il serait nécessaire de se placer dans des conditions physiologiques constantes. De ces conditions physiologiques dans lesquelles il convient d'étudier les phénomènes nutritifs, la meilleure, la plus normale, la condition type, est celle dans laquelle l'animal se nourrit

de sa propre substance, de son sang. Des expériences faites autrefois ici ont établi qu'alors même qu'on se contente d'examiner la proportion des sels que contiennent les liquides organiques, il convient d'opérer sur des animaux à jeun.

Relativement à la question que nous étudions actuellement, nous pouvons déjà dire que l'eau des sécrétions est empruntée au sang et non formée dans les glandes.

Nous devons maintenant continuer, par l'étude des sels que renferment les liquides sécrétés, l'examen auquel nous nous livrons de la provenance des éléments généraux des produits de sécrétion.

La quantité des sels contenus dans les produits de sécrétion varie suivant certaines conditions physiologiques bien déterminées. Ces sels sont de même nature que ceux contenus dans le sang, et on doit les regarder comme fournis par ce liquide comme l'acide carbonique et l'eau. Cette proposition, bien qu'exacte d'une manière absolue, ne doit pas toutefois être trop généralisée, en ce sens que les glandes ne sont pas perméables pour tous les sels qui peuvent se trouver dans le sang. Des faits établissant l'aptitude de certains organes à favoriser des excrétions déterminées, vous ont déjà été rapportés ici, et vous savez que normalement ou accidentellement le sang renferme des substances que ne laissent pas filtrer tous les organes glandulaires. Le sucre, par exemple, qui existe normalement dans le sang, peut passer dans les sécrétions de certaines glandes et ne pas passer dans d'autres.

La même chose a lieu pour la plupart des substances

minérales : le prussiate jaune de potasse, par exemple, qui peut circuler impunément en assez forte proportion dans le sang, n'est pas éliminé par tous les organes filtrateurs. Le rein l'expulse le plus facilement ; mais on se tromperait si, de son élimination par le rein, on concluait à son élimination par les autres glandes : il ne passe pas dans la salive. Toutefois le prussiate de potasse ne passe pas seulement dans les urines ; il peut encore être éliminé par les glandes stomacales qui sécrètent le suc gastrique.

Les préparations d'iode nous fournissent un autre exemple de l'aptitude spéciale qu'ont certaines glandes à éliminer quelques substances. L'iode est peut-être le seul corps inorganique qui puisse être filtré par tous les organes sécréteurs : il est éliminé dans les urines, dans la salive, dans le suc pancréatique, dans la bile. Toutefois, il n'est pas éliminé avec la même facilité par ces différentes voies. L'iode est filtré plus facilement par les glandes salivaires que par tout autre appareil sécréteur.

Dans tout produit de sécrétion, comme dans le sang lui-même, il y a lieu de distinguer des matières organiques et des matières inorganiques.

Il y a aussi des gaz dans le sang et dans les liquides sécrétés. Les gaz qui se trouvent dans les liquides sécrétés sont empuntés au sang. Nous l'avons vu pour l'un d'eux, pour l'acide carbonique ; et c'est par la soustraction de ce gaz que nous avions expliqué la coloration rouge du sang qui sort des glandes qui sécrètent.

On n'a pas observé les produits de sécrétion au point de vue de l'oxygène ou de l'azote. Si ces gaz s'y

rencontrent, ils viennent certainement du sang où leur présence a été dès longtemps constatée; ce ne seraient pas des produits sécrétés, mais éliminés.

Nous vous avons dit quelques mots d'une autre classe de matériaux inorganiques qui peuvent être communs au sang et aux liquides sécrétés : les substances salines. Ce sont, normalement, des chlorures, carbonates, phosphates, sulfates. Ces sels, qui se trouvent dans le sang et dans les sécrétions, sont évidemment séparés du sang par les sécrétions; les organes sécréteurs ne sauraient les former. Les sulfates sont généralement en petite quantité dans les sécrétions.

Parmi les corps inorganiques qui existent dans le sang, il en est un qu'on ne trouve généralement pas dans les sécrétions : c'est le fer, qui joue dans l'économie un rôle très important, entrant dans la composition des globules sanguins. Le fer est la seule substance minérale existant normalement dans le sang, qui n'ait pas été retrouvée dans les liquides excrétés. On a dû se demander comment il était éliminé, après avoir beaucoup discuté sur la forme sous laquelle il pouvait être absorbé. Il est constant que l'alimentation et les médications introduisent dans l'économie une certaine quantité de fer; on ne saurait admettre, d'un autre côté, qu'il y ait accumulation de ce corps dans l'organisme. Comment donc est-il éliminé?

Nous devons vous faire remarquer d'abord que la quantité de fer absorbée est extrêmement minime. Quand dans les affections qui réclament l'emploi des martiaux, dans la chlorose, par exemple, on arrive à guérir par l'admi-

nistration du fer, on guérit; ce n'est pas, suivant moi, à l'absorption du médicament ingéré que doit être attribué ce résultat. Quelque minime que soit la quantité de fer amenée par l'absorption dans les voies circulatoires, toujours est-il qu'elle est éliminée et ne l'est pas par les sécrétions qui ont été examinées. On a trouvé du fer dans les cheveux : c'est un moyen d'élimination, mais il est bien lent.

Il est cependant une sécrétion dans laquelle on trouve du fer : je veux parler de la bile. C'est dans la bile qu'il faut rechercher le fer expulsé de l'économie. Berzelius regardait la bile comme constituée surtout par la matière colorante du sang. Dans cette vue, elle proviendrait d'une dissolution des globules, destruction dans laquelle il y aurait élimination du fer.

L'hydrogène sulfuré, quand il est mêlé aux gaz respirés, a la propriété d'arrêter le cœur, mais en même temps il rend le sang très noir; le foie et les reins sont de la même couleur noire qu'on retrouve encore dans l'intestin grêle, tandis que l'estomac ne la présente pas. Cette coloration noire est due à du sulfure de fer qui se forme aux dépens du fer, du sang et de la bile. C'est ce que montrent les expériences suivantes :

Exp. — On fit respirer de l'hydrogène sulfuré à un lapin. Il mourut au bout de deux ou trois minutes. La respiration artificielle ne réveilla pas les mouvements du cœur qui étaient arrêtés.

Exp. — Sur une grenouille, l'hydrogène sulfuré ralentit d'abord les mouvements du cœur; puis il les arrêta complétement. Mais si l'on venait à piquer le cœur, il se

contractait une ou plusieurs fois en devenant pâle. La sensibilité était complétement éteinte ; les nerfs moteurs étaient encore très excitables.

Sur ces grenouilles on remarqua que le sang, le foie et l'intestin, à partir du pylore, étaient noirs, ce qui était dû à un sulfure de fer.

Avant de passer à l'examen des matériaux organiques communs au sang et aux sécrétions, nous devons nous arrêter quelques instants sur l'élimination de substances qui, sans être minérales, ne sont plus organisées : l'urée, l'acide urique, etc. Ces substances tiennent le milieu entre la nature organique et la nature minérale ; provenant de matières organisées, elles sont arrivées à un état d'indifférence chimique qui leur constitue des qualités spéciales.

L'urée et l'acide urique existent normalement dans le sang et en sont éliminés, non par toutes les sécrétions, mais plus spécialement par les reins.

Cette excrétion normale de l'urée a été longtemps considérée comme le résultat d'une formation propre au rein. On était conduit à cette vue par l'idée théorique que si l'urée avait existé dans le sang, elle n'aurait pas dû être éliminée par le rein plutôt que par les autres organes glandulaires.

Cette action élective qu'on refusait à un organe sécréteur, vous avez vu que rien n'autorise à la repousser ; vous avez vu son influence régler l'élimination d'une substance minérale, du prussiate de potasse. L'iode nous a offert, à un moindre degré, un autre exemple de cette aptitude spéciale de certains organes glandu-

laires à séparer plus facilement du sang quelques-uns des produits qu'il renferme. On était donc dans l'erreur lorsqu'on admettait que l'urée est un produit de formation du rein, en se basant sur ce qu'elle est éliminée seulement par la voie des urines.

Relativement à cette faculté spéciale à quelques sécrétions d'éliminer certains produits, nous devons nous poser une question qui n'est pas sans importance. Cette spécialité d'action est-elle absolue ou relative? n'est-elle pas subordonnée à des conditions fonctionnelles déterminées?

Messieurs, elle n'est que relative; nous l'avons vu pour l'iode, nous avons pu le voir aussi pour l'urée.

Dans l'état normal, c'est par les reins qu'est éliminée l'urée; mais on ne saurait en conclure que jamais elle ne pourra être éliminée par les autres glandes. En l'absence du rein, les sécrétions intestinales donnent passage aux substances qui sont normalement rejetées dans les urines. L'observation pathologique, d'accord avec l'expérimentation, nous montre que, dans les maladies des reins avec suppression de l'urination, il survient constamment des désordres intestinaux en rapport avec le rôle nouveau des voies digestives. Cette espèce de métastase sécrétoire qui s'observe dans les états de trouble naturels ou provoqués, établit clairement que, si tel organe élimine normalement une substance donnée à l'exclusion des autres organes excréteurs, c'est en vertu, non d'une aptitude absolue, mais d'une aptitude relative. Ainsi le prussiate de potasse peut être éliminé par les sécrétions salivaires quand on en

injecte une dose suffisante dans les vaisseaux qui vont à la glande. Si, au lieu d'injecter cinq ou six grammes d'une solution au centième de prussiate de potasse par la veine jugulaire, on l'injecte par l'artère carotide, on met en rapport les tissus dans lesquels elle se distribue avec une solution relativement très concentrée; et du prussiate de potasse passe dans la salive.

Aux éléments que nous avons examinés jusqu'ici et que nous avons vu être communs au sang et aux liquides sécrétés, ne doit pas se borner l'examen comparatif que nous faisons de ces liquides organiques. Nous n'avons pas parlé jusqu'ici de l'élément essentiel des sécrétions dont les produits sont caractérisés physiologiquement par des substances organiques que leur nature rapproche de celles connues généralement sous le nom de ferments.

Si nous recherchons d'abord quelles sont les matières organiques que contient le sang, nous voyons qu'il renferme des globules, de la fibrine et de l'albumine; les autres matières organiques dont on a indiqué l'existence paraissent hypothétiques.

A l'état physiologique, les globules sont en suspension dans un liquide albumino-fibrineux.

La fibrine ne peut rester liquide que dans l'économie. Quand elle en est sortie, elle devient solide : on a beaucoup écrit sur ce phénomène de la coagulation, qui reste, malgré cela, l'un des moins connus.

Je veux, relativement à la coagulation, appeler encore votre attention sur un fait qu'on n'a pas, je crois, convena-

blement apprécié. Le sang se coagule plus ou moins, le caillot est plus ou moins ferme. On croit jusqu'à présent que la coagulation dépend de la quantité de fibrine, et que la consistance du caillot est d'autant plus ferme que le sang est plus riche en fibrine. Sans nier l'influence de cette condition, nous avons établi par des faits qu'elle est loin d'être la seule, et qu'on aurait tort de lui accorder une importance exclusive. On le voit en expérimentant sur le sang du cheval, qui, dans sa coagulation, ne se comporte pas tout à fait comme le sang des autres animaux domestiques. Nous avons fait à un cheval une saignée de la veine jugulaire ; le sang a été recueilli dans cette éprouvette, s'y est coagulé lentement et présente deux caillots, l'un rouge, que vous voyez au fond du vase, l'autre blanc, très volumineux et très consistant, qui offre l'aspect de ce qu'on a nommé la couenne.

Maintenant, vous savez que si l'on vient à agir sur les nerfs vaso-moteurs, si l'on coupe le filet du sympathique dans le cou et qu'on rouvre la saignée, on trouve que le sang se comporte tout autrement. Il n'y a plus de caillot blanc distinct du caillot rouge, mais un seul caillot d'aspect uniforme comme chez l'homme ou chez le chien. Nous vous avons montré que ces deux saignées ne contiennent cependant pas plus de fibrine l'une que l'autre; il ne faudrait donc pas rapporter à des variations dans la quantité de cette substance des effets qui tiennent évidemment ici à une tout autre cause.

Quand on fait refroidir un animal sans le saigner, le sang se coagule très lentement. Il semblerait que dans

ces conditions, si l'on venait à battre le sang, on devrait en retirer moins de fibrine : il n'en est rien pourtant.

Je finirai en vous citant une expérience qui montre que la matière organique azotée de la liqueur du sang peut affecter des formes intermédiaires à l'albumine et à la fibrine. Cette idée avait été autrefois émise par M. Denis (de Commercy), qui avait tenté de la justifier par des tentatives de transformations de ces substances l'une dans l'autre. Sans m'arrêter à ce genre de démonstration, je vous citerai seulement une expérience que fit autrefois ici Magendie.

Il saigna un chien aussi abondamment qu'on pouvait le faire sans le tuer. Après quoi, le sang était battu et passé dans un linge ; les globules et l'albumine passaient, la fibrine restait sur le linge. On réinjectait ensuite le sang défibriné qui avait passé.

L'animal ne paraissait pas affecté d'abord par cette opération et restait avec sa vivacité.

Le lendemain, on répétait la même expérience, qui était faite tous les jours, jusqu'à la mort de l'animal, qui survenait au bout d'un temps variable.

En examinant la fibrine qui, chaque jour, restait sur le linge, on voyait que le second jour elle était aussi abondante que la veille, de même le surlendemain ; les jours suivants, la quantité de fibrine allait même en augmentant. L'influence des saignées a donc pour effet d'augmenter la quantité de fibrine que contient le sang. Seulement, dans ces circonstances, la fibrine varie beaucoup en quantité, et M. Fremy, qui examina les produits fibrineux de l'expérience que je vous rappelle, ne

trouva pas les mêmes caractères à cette fibrine pendant toute la durée de l'observation. La fibrine, d'abord filamenteuse, élastique et résistante, devenait moins élastique et prenait une consistance molle, analogue à celle du papier mâché.

Une certaine quantité de cette fibrine des derniers jours ayant été abandonnée dans de l'eau sur le poêle du laboratoire, on ne la retrouva plus le lendemain : elle s'était dissoute. Ce caractère la différenciait de la fibrine recueillie durant les premiers jours de l'expérience, et qui était insoluble dans l'eau tiède. La fibrine soluble dans l'eau chaude était une fibrine jeune, n'ayant pas encore acquis les propriétés physiques de son état d'organisation parfaite. Quant au liquide dans lequel cette fibrine de formation récente s'était dissoute, il présentait tous les caractères d'un liquide albumineux. Cette expérience semblerait donc établir entre la fibrine et l'albumine un rapport qu'il est bon de connaître, et qui, plus tard, pourra sans doute nous donner la clef de certains phénomènes difficiles à interpréter sans cette notion préalable.

VINGT-DEUXIÈME LEÇON.

17 MARS 1858.

SOMMAIRE : Variations de la quantité de fibrine dans les différents points du système circulatoire. — Coagulation du sang défibriné. — L'albumine ne passe pas normalement dans les sécrétions. — Albumine, albuminose et caséine. — Globules. — Parallèle entre le sang et les produits de sécrétion. — Propriétés du sang. — Rôle physique de l'albumine et de la fibrine. — Rôle des globules. — Opération de la transfusion. — Possibilité de l'opérer d'un animal d'une espèce à un animal d'une autre espèce. — Causes d'insuccès de cette opération.

MESSIEURS,

Nous avons vu que les matières inorganiques des sécrétions étaient toutes empruntées au sang. Nous nous sommes demandé s'il en était de même des matières organiques, si les globules, l'albumine, la fibrine, pouvaient passer en nature dans quelques sécrétions.

Normalement, on ne rencontre la fibrine dans aucune sécrétion. Et cependant, si on compare au point de vue de la fibrine le sang qui entre dans un organe sécréteur à celui qui en sort, on trouve que son passage à travers l'organe a produit dans le sang une diminution ou même une suppression de la fibrine. Ce fait a été constaté par Simon (de Berlin), pour le sang des vaisseaux du rein : recueillant la fibrine par le battage, comparativement dans le sang de l'aorte et dans celui de la veine rénale, il put en retirer une certaine quantité du sang de l'aorte, tandis que le sang de la veine rénale ne lui en donna point. Il est remarquable que le sang perde sa fibrine en traversant le rein, bien qu'il n'y en ait pas dans

l'urine. Que devient-elle dans ce cas? — On n'en sait absolument rien.

Les analyses de Lehmann ont établi qu'il en est de même dans le foie. Là encore, il y a disparition partielle, destruction de la fibrine, sans que pour cela les sécrétions en renferment.

A ce propos, je vous signalerai un fait singulier et qui indique bien clairement que la coagulabilité du sang ne dépend pas seulement de la présence de la fibrine : c'est que le sang de la veine rénale se coagule, bien qu'il ne renferme pas de fibrine.

Vous savez encore que le sang battu et défibriné ne se coagule plus immédiatement. Cependant, si on l'abandonne à lui-même, il se recoagule quelquefois. Si, alors, on vient à le battre de nouveau, il redevient liquide sans avoir pour cela abandonné aucune trace de fibrine. Ce phénomène a été observé pour le sang de la rate. Nous avons donc là des exemples de coagulations évidentes pour un sang défibriné.

Nous ne nous arrêterons pas davantage à ces considérations sur la fibrine qui nous éloigneraient du sujet qui nous occupe actuellement. Il nous suffit de pouvoir ranger la fibrine parmi les produits qui ne passent pas dans les sécrétions, notant cependant qu'elle disparaît en totalité ou en partie pendant que le sang traverse les organes sécréteurs.

L'albumine, que nous allons examiner maintenant, est un produit soluble qui n'a pas la propriété de se coaguler à la température du sang. Trouve-t-on de l'albumine dans les sécrétions? — Oui, mais seulement à

l'état pathologique. Normalement, on y rencontre bien une matière azotée qu'on a nommée peptone, albuminose; mais cette matière, qui n'est coagulable ni par l'acide azotique ni par la chaleur, mais seulement par l'alcool et les sels métalliques, ne saurait être considérée comme de l'albumine.

Certaines sécrétions, la sécrétion parotidienne du cheval notamment, fournissent un produit dont les réactions ont fait admettre la présence de l'albumine dans les sécrétions. C'est une substance qui coagule par l'acide azotique et par la chaleur, substance dont la nature n'est pas assez bien connue pour nous permettre de modifier la proposition générale que nous venons d'émettre. Il y a là, toutefois, un fait sur lequel il faudra revenir.

Un autre liquide a été considéré comme albumineux : c'est le suc pancréatique, qui donne un coagulum par la chaleur et par l'acide azotique, comme l'avaient déjà noté Magendie, puis Tiedemann et Gmelin. Cette matière coagulable n'est cependant pas de l'albumine ; elle en diffère par des caractères chimiques très nets que j'ai fait connaître. L'albumine, coagulée par l'alcool, est insoluble dans l'eau ; la matière albuminoïde du suc pancréatique est aussi précipitée par l'alcool, mais le précipité est très soluble dans l'eau. Cette matière diffère donc de l'albumine du sang. Une autre réaction chimique les différencie encore : l'addition d'un peu de sulfate de magnésie au suc pancréatique en précipite la matière albuminoïde, tandis qu'elle ne détermine la formation d'aucun coagulum dans le sérum du sang, qui, traité par le sulfate de

magnésie et jeté sur un filtre, passe albumineux. Cette propriété d'être coagulée par l'addition du sulfate de magnésie à sa solution, propriété que ne présente pas l'albumine, appartient aussi à la caséine. La matière azotée du suc pancréatique s'offre donc avec les caractères de l'albumine (coagulation par l'acide azotique et la chaleur), avec des caractères de la caséine, et aussi avec des caractères spéciaux qui ne permettent de la confondre avec aucune de ces deux substances.

On ne peut donc pas dire que les liquides sécrétés contiennent de l'albumine, que le sang leur en abandonne. A l'état physiologique, l'albumine est destinée à rester dans le sang.

Le sang contient-il de la gélatine? on l'a dit sans en donner de preuves bien évidentes. J'ai trouvé des caractères qui peut-être pourraient permettre de rechercher cette substance et de la distinguer des autres matières albuminoïdes. J'ai vu que le charbon animal ne précipite pas la gélatine, tandis qu'il précipite l'albumine, la caséine, etc. J'ai vu aussi que les tissus de jeunes animaux, après avoir été dans l'alcool, ne donnent plus de gélatine par l'ébullition ; de même la gélatine précipitée par l'alcool ne se redissout plus rapidement dans l'eau froide. Ce caractère distinguerait la gélatine des matières azotées qui jouent le rôle de ferment.

Pour obtenir le ferment que contient le sang, il faudrait donc traiter le sang par l'alcool et reprendre par l'eau, le ferment sera dans la partie qui se redissoudra, et on pourra l'obtenir par une nouvelle précipitation à l'aide de l'alcool. On pourrait encore appli-

quer cette propriété du charbon animal à la recherche d'autres substances analogues à la gélatine, qui se trouvent dans le foie. J'ai vu que le foie de certains animaux, par exemple le foie de bœuf, de cheval, donne parfois à l'ébullition une grande quantité de gélatine.

Nous arrivons aux globules sanguins. Les globules peuvent, vous le savez messieurs, passer dans les sécrétions dans quelques circonstances pathologiques; mais jamais cela n'a lieu dans les conditions normales. Les globules sont donc encore destinés à rester dans le sang.

Il y en a cependant qui disparaissent; et leur quantité paraît moindre à l'entrée qu'au sortir du foie. A cet égard, il est impossible de ne pas reconnaître aux organes sécréteurs une action sur les globules sanguins. Nous vous avons dit qu'en traversant les glandes le sang perdait de la fibrine; l'inverse semble avoir lieu pour les globules. Nous retrouvons là cette action inverse que nous avons, à propos de la coloration du sang, notée pour les muscles et pour les glandes. Dans les muscles, le sang se charge de fibrine; il la perd en traversant les glandes. Dans les muscles, les globules deviennent plus rares; ils sont plus abondants au sortir des glandes. Lehmann a trouvé au sortir du foie une quantité considérable de globules blancs qui paraissaient s'y être formés. Ces oppositions supposent une destruction incessante de produits organisés, destruction dont les matériaux ne passent pas au dehors.

Cette comparaison générale entre le sang et les liquides sécrétés est indispensable à l'étude des

liquides organiques, normaux ou pathologiques, considérés en particulier. Si le sang est la source de tous les liquides sécrétés, on ne peut pas cependant admettre que ceux-ci soient constitués par les matériaux qui y seraient passés en nature. L'idée qu'on a eu d'expliquer les sécrétions par une filtration des éléments immédiats du sang, n'est exacte que pour les matières inorganiques et l'eau. Dans les sécrétions, nous trouvons aussi des matériaux organiques, mais cette fois ils ne viennent pas du sang. Les matériaux organiques des sécrétions ne sont plus ceux que nous trouvions dans le sang. Ces matériaux, qu'on ne saurait comparer qu'aux ferments, sont un produit spécial à la glande; aucun de ces éléments caractéristiques d'une sécrétion ne se rencontre dans le sang. De là la distinction des produits rejetés au dehors en ceux qui, venant du sang, sont simplement éliminés, et ceux qui sont le résultat d'une formation spéciale. Parmi ces derniers, nous pouvons déjà vous citer les venins, la ptyaline, la pepsine, la substance active du suc pancréatique, etc. Ces matières, qui ne se trouvent pas dans le sang, se rencontrent dans le tissu des organes qui les produisent, tandis qu'on chercherait vainement dans ce tissu les éléments des sécrétions qui sont empruntés au sang. C'est ainsi que l'urée ne saurait caractériser suffisamment la sécrétion rénale : on la trouve dans le sang, dans l'urine; on ne la trouve pas accumulée dans le tissu du rein. Les produits organiques spéciaux se rencontrent au contraire dans les organes. La ptyaline, par exemple, existe dans la glande salivaire; c'est-à-dire que si on met dans l'eau tiède un morceau

de glande salivaire, on aura une dissolution de ptyaline.

Cette distinction entre les produits séparés du sang et les produits formés dans les organes répond à la distinction physiologique qu'il convient d'établir entre eux. Les premiers n'ont aucune action spéciale, tandis que les autres en ont une en rapport avec l'accomplissement de quelqu'un des actes chimiques dont l'organisme est le siége. La possibilité d'obtenir par infusion cette matière organique caractéristique de la destination physiologique de l'organe, a suggéré depuis longtemps l'idée de préparer des liquides artificiels qui jouissent des principales propriétés physiologiques des produits de sécrétion.

Chaque glande pourrait dès lors être considérée comme un filtre, en établissant toutefois entre elles cette distinction : que, tandis que certaines glandes sont des filtres presque simples à travers lesquels s'effectue seulement un passage mécanique, les autres, les glandes sécrétoires, offrent dans le liquide qu'elles filtrent un principe particulier en dissolution créé dans l'organe et fourni par lui. Ces glandes sécrétoires sont, jusqu'à un certain point, comparables à l'appareil dont on fait usage en pharmacie pour préparer certaines solutions aqueuses, alcooliques ou éthérées et qu'on nomme un appareil à déplacement. Le liquide qui doit se charger de principes médicamenteux, est versé sur un filtre dont le fond est rempli par la substance à épuiser. Il y a là filtration pendant laquelle le liquide dissout la partie soluble du lit qu'il traverse, après quoi il arrive dans le récipient avec les qualités qu'on désirait lui donner; de même

le liquide qui a traversé une glande sécrétoire arrive au dehors chargé des principes empruntés à la glande et auxquels il doit ses propriétés physiologiques.

En résumé, nous sommes en droit de diviser les glandes en deux classes : 1° celles qui sont destinées à éliminer simplement des produits qui existent tout formés dans le sang ; 2° celles qui, à cette aptitude à des degrés divers, joignent la propriété de former des principes actifs destinés à être utilisés pour l'accomplissement de quelque acte chimique de l'organisme.

Nous allons maintenant, Messieurs, étudier le sang, non plus dans ses rapports avec les autres liquides, mais en le considérant à part. Bien qu'il contienne une grande quantité d'eau, le sang ne doit pas être considéré comme un liquide aqueux. En effet, l'injection d'une grande quantité d'eau dans les voies circulatoires rend la circulation physiquement impossible par les modifications qu'elle apporte dans la consistance du contenu du système vasculaire. Si l'on vient à injecter de l'eau par l'aorte, on voit l'animal se gonfler ; l'eau est en partie sortie des vaisseaux et a infiltré tous les tissus. Cet œdème produit par la circulation de l'eau dans les vaisseaux est tellement général, que M. Lacauchie avait érigé les injections d'eau en procédé général de dissection dans les cas où des tissus de nature diverse se trouvaient réunis sur une faible étendue et où il devenait difficile de les bien distinguer les uns des autres. Les conditions mécaniques sous lesquelles circule le sang ne sont donc pas celles d'un liquide aqueux.

Recherchons en vertu de quelles propriétés physiques il peut circuler dans les vaisseaux sans infiltrer les tissus.

Le sang contient, vous le savez, des matières salines et des matières organiques. Or, ce ne sont pas les matières salines, mais bien plus spécialement les matières organiques qui mettent obstacle à l'extravasation de la partie liquide du sang. La fibrine et l'albumine tendent toutes deux à ce résultat par des voies différentes. On peut s'en convaincre en faisant comparativement des injections avec de l'eau, avec de l'eau albumineuse et avec du sérum ; les résultats de ces injections ne seront pas du tout semblables.

M. Poiseuille, qui a beaucoup étudié expérimentalement les phénomènes physiques de la circulation, faisait écouler par des tubes de verre d'un diamètre capillaire de l'eau pure d'abord, puis de l'eau chargée de matières salines, puis du sérum. Ayant voulu, pour se rapprocher des conditions organiques de la nature vivante, substituer à ses tubes de verre le réseau capillaire d'une partie ou d'un organe, et y rechercher la vitesse avec laquelle s'écoulait une quantité déterminée de liquide sous une pression donnée, M. Poiseuille dut renoncer aux épreuves faites avec de l'eau pure ou additionnée de matières salines. Dans ces conditions, en effet, l'eau qui arrivait par l'artère ne revenait bientôt plus par la veine; elle s'épanchait dans les tissus et produisait l'infiltration que je viens de vous signaler. M. Poiseuille put toutefois faire cette expérience avec le sérum du sang; ce qui prouve que l'albumine peut empêcher l'infiltration de l'eau. Pareil résultat s'obtien-

drait en faisant usage d'une solution de l'albumine de l'œuf. Seulement il est nécessaire que la quantité d'albumine soit assez grande, et si l'eau était en excès, elle pourrait encore infiltrer les tissus.

Une autre substance a une influence notable sur les phénomènes physiques de la circulation : c'est la fibrine. Si l'albumine empêche l'extravasation de l'eau, la fibrine empêche l'obstruction des vaisseaux capillaires par les globules du sang. Lorsqu'en effet on examine sous le microscope la circulation capillaire dans la patte d'une grenouille, on voit que les globules circulent suspendus à peu près uniformément dans le sérum. Mais si l'on examine cette circulation chez un animal dont le sang a été défibriné, ou même dans un tube de verre dans lequel circule du sang défibriné, on voit les globules tomber à la partie la plus déclive, tandis qu'à la partie supérieure circule du sérum presque pur. Si un tronc vasculaire horizontal se bifurque en deux divisions non situées dans le même plan horizontal, la branche inférieure sera bouchée par l'accumulation des globules, tandis que la branche supérieure ne sera pleine que de sérum. Voici dans un tube du sang défibriné ; vous pouvez voir que les globules sont tombés au fond du vase, tandis que le sérum, parfaitement limpide, occupe la partie supérieure. Dans cet autre tube où nous avons recueilli du sang non défibriné, il y a partout et du sérum et des globules. Ce que vous voyez se produire dans ces tubes se produit de même chez l'animal vivant. La fibrine du sang y maintient donc les globules suspendus de manière que la circulation puisse s'effectuer. Il est

bien entendu, cependant, que cette obstruction par accumulation des globules dans les parties déclives ne peut avoir lieu dans les gros vaisseaux. M. Poiseuille, qui a étudié ces phénomènes dans le poumon, a vu qu'après la défibrination du sang par le battage, la réintroduction d'un sang défibriné produisait une accumulation de globules dans la partie déclive du poumon et y empêchait la circulation. C'est aussi ce qui a été vu dans certaines maladies, où les poumons sont le siége de ce qu'on appelle une congestion passive.

Un autre point très intéressant à examiner, quoique nous connaissions peu de chose à cet égard, est la question de savoir dans quel état se trouve la fibrine dans le sang. Ce qu'on peut affirmer, c'est que dans le sang la fibrine diffère essentiellement de ce que nous la voyons hors de ce liquide. Hors du sang, la fibrine est solide; dans le sang, elle est en dissolution. Si la fibrine n'était pas à l'état liquide dans le sang, la vie serait impossible. C'est ce qu'on pouvait déclarer *a priori* et ce dont on a eu la preuve dans des affections observées depuis peu et décrites sous le nom d'*embolies*. Cette affection serait caractérisée par la coagulation spontanée d'une certaine quantité de fibrine dans les vaisseaux, coagulation accidentelle qui, obstruant parfois l'artère pulmonaire, pourrait dans certains cas causer la mort immédiatement.

La fibrine ne paraît pas libre dans le sang. Tout porte à penser qu'il n'y a dans le liquide sanguin vivant ni fibrine ni albumine proprement dite, mais une combinaison de ces deux substances. Plusieurs expériences semblent prouver qu'il en est ainsi.

Si la fibrine et l'albumine existaient normalement dans le sang à l'état sous lequel nous les connaissons, nous pourrions, par leur absence dans les sécrétions, conclure que leur passage dans les glandes est impossible. Or, si l'on injecte de l'albumine dans le sang, on reconnaît que constamment elle sort du sang, ce qui n'aurait pas lieu si elle en était un élément naturel. L'albumine injectée par la veine jugulaire descend dans le cœur droit et se mêle au sang aussi complétement que possible; cependant, on la retrouve dans les urines, dans la bile et dans beaucoup de sécrétions.

Ces premières expériences je les avais faites avec de l'albumine d'œuf. On pouvait penser que, dans ce cas, l'élimination de l'albumine injectée dans le sang tenait à la non-identité de cette albumine avec celle que le sang renferme. Il n'en est rien : si l'on fait une saignée à un animal, qu'on laisse le caillot se former et qu'on réinjecte aussitôt son sérum, il y aura encore élimination d'albumine par les urines. Il faut donc admettre que ce n'est pas à l'état d'albumine qu'existe dans le sang la substance qui, hors du sang, constitue pour nous l'albumine.

On voit bien, dans les hydropisies, des épanchements de sérosité albumineuse; mais ce n'est que dans des cas pathologiques que l'albumine se sépare ainsi du sang. On s'en convaincra aisément en recherchant les caractères différentiels des collections séreuses normales et pathologiques; tandis que les dernières sont généralement albumineuses, les sérosités normales sont albumino-fibrineuses. Ainsi, chez les jeunes chiens et lapins,

surtout en digestion, et particulièrement chez les animaux à l'état de gestation, le péritoine contient une sérosité limpide qui se coagule spontanément : ce coagulum est dû à de la fibrine. Mais dans aucun liquide physiologique on ne voit l'albumine et la fibrine séparées avec les caractères que nous leur connaissons.

Voilà ce que j'avais à vous dire des propriétés physiques que le sang emprunte à la présence de certains éléments.

Examinons maintenant le sang au point de vue de ses aptitudes physiologiques, supposant remplies les conditions mécaniques que nous venons de voir être nécessaires à l'entretien des phénomènes de la circulation.

Si l'on se demande quelles parties du sang sont nécessaires à l'accomplissement de son rôle mécanique et quelles parties assurent l'accomplissement de son rôle physiologique, on voit qu'elles sont toutes différentes. Les aptitudes physiques du sang sont dues au composé albumino-fibrineux qui est en dissolution dans le sérum; son action physiologique est liée surtout à l'existence des globules.

L'importance physiologique des globules a été d'abord mise en évidence par les expériences que l'on a faites sur l'opération de la transfusion. Dans cette opération, qui a pour but de réveiller les propriétés des tissus par le contact d'un sang nouveau, on sait qu'il est nécessaire d'injecter des globules.

Si, chez un animal qui est en syncope ou exsangue, on injecte du sang frais, on voit renaître les propriétés

des tissus et l'animal revenir la vie. Mais il est nécessaire, dans ces expériences, d'injecter du sang défibriné, car si les expériences de transfusion réussissent difficilement, cela tient surtout à l'impossibilité d'injecter la fibrine à l'état liquide. Il serait souvent difficile d'éviter un commencement de coagulation de la fibrine qui tue l'animal; on devra donc commencer par enlever la fibrine et se contenter d'injecter un sang représenté par le sérum et les globules.

Les tentatives de transfusion ont été faites un grand nombre de fois, et aujourd'hui encore on en retire de bons résultats dans certains cas d'hémorrhagies considérables. Étant donné un animal, sain d'ailleurs, qui vient de succomber à une hémorrhagie, on peut le faire revenir à la vie en introduisant du sang dans ses vaisseaux, mais il faut absolument que ce sang aît ses globules; les expériences de Bischoff ont montré que le sérum seul était insuffisant; si l'on se contente d'injecter le sérum, l'animal ne revient pas. Lorsqu'on injecte à la fois le sérum et les globules, c'est-à-dire du sang défibriné, le jeu des fonctions revient peu à peu. Sans nier que l'albumine et la fibrine aient à remplir dans la nutrition un rôle physiologique, nous pouvons dire cependant que le rôle physiologique immédiatement essentiel, fondamental, est celui qui est assigné aux globules.

La transfusion a été l'objet d'expériences multipliées et qui ont donné des résultats fort curieux. Ainsi M. Brown-Séquard a vu qu'en injectant des globules dans un membre séparé de l'animal depuis plusieurs heures, alors que la rigidité cadavérique commençait déjà à se

montrer, on pouvait faire renaître dans ce membre la vie des tissus au point d'y pouvoir rendre manifestes, par les excitations mécaniques ou galvaniques, la contractilité musculaire et les propriétés nerveuses.

Une question qu'on a beaucoup agitée au point de vue de la transfusion, est celle de l'efficacité de l'injection des globules d'une espèce animale chez un sujet d'une autre espèce. Certains expérimentateurs ont dit qu'on pouvait injecter le sang d'un animal dans le système vasculaire d'un animal de même espèce; mais que d'une espèce à une autre, l'opération n'avait aucune chance de succès. Cependant, lorsqu'on songe au rôle physiologique des globules, on voit qu'il est le même chez tous les animaux, que partout ils sont chargés d'absorber l'oxygène ; il semblerait donc, *à priori*, que la transfusion dût être praticable avec succès d'un animal à un autre d'espèce différente. Des expériences de Magendie dans lesquelles la transfusion avait été tentée sans succès entre animaux de classes différentes, de mammifères à oiseaux, semblaient devoir faire juger la question négativement.

Dernièrement, des expériences plus heureuses de M. Brown-Séquard ont montré que l'insuccès des tentatives de Magendie tenait à des conditions indépendantes de l'opération elle-même. On peut donc révivifier les tissus d'un animal avec du sang emprunté à des animaux d'espèces différentes.

On s'est préoccupé, à l'occasion de la transfusion, de la forme des globules sanguins, attribuant à leur forme ainsi qu'à leur volume une importance que l'expérience

n'a pas justifiée. Vous savez que les globules des oiseaux, des reptiles, des poissons, sont elliptiques; que ceux des mammifères sont ronds, à quelques rares exceptions près. On a essayé d'utiliser cette variété de forme pour voir quelle pouvait être la durée de la vie des globules sanguins. Il était évident, *à priori*, que cette durée ne pouvait être très longue : en effet, les globules se détruisent et se reproduisent ; on a la preuve de leur reproduction dans les saignées. On a donc introduit dans les veines d'un poulet des globules empruntés à un chien, et on a examiné ensuite au microscope le sang qui s'écoulait par des piqûres faites à l'animal à des intervalles de temps différents. Dans ces conditions, on a dans le sang de l'animal, retrouvé au bout de trois semaines, au bout d'un mois même, des globules injectés provenant d'un autre animal, et reconnaissables à leur forme différente. Je n'insiste pas davantage sur cette méthode dont la valeur sera sans doute établie par des expériences ultérieures. C'est une question encore à l'étude. La conclusion qu'il est dès à présent légitime de tirer des faits observés, est que les globules sanguins semblent jouir des mêmes propriétés dans toute la série, et qu'en prenant des précautions convenables, on peut pratiquer la transfusion entre des animaux de classes différentes.

Les globules ont encore des propriétés différentes suivant leur état de fraîcheur ou d'ancienneté. L'injection dans les veines d'un animal d'un sang tiré depuis plusieurs jours est mortelle. Toutefois il y aurait lieu d'établir quelle peut être, dans les accidents que détermine

un sang qui n'est pas frais, la part des globules. Les accidents, en effet, ne peuvent pas leur être attribués, au moins exclusivement, car nous avons produit la mort par l'injection de sérum seul, mais ancien.

Nous vous avons déjà parlé de l'action toxique du sérum qui n'est plus frais, bien qu'il ne soit pas encore en putréfaction. Si l'on injecte du sérum tiré de la veine depuis plnsieurs jours, souvent même depuis vingt-quatre heures, l'animal auquel on l'injecte meurt bientôt dans un état d'affaissement complet. 3 à 5 grammes de sérum injectés dans une veine suffisent quelquefois pour faire périr un lapin en quelques heures avec des symptômes typhoïdes très marqués. On observe presque partout des hémorrhagies dans les poumons, dans l'intestin ; les urines sont sanguinolentes. L'été, cette propriété délétère du sérum existe dès le lendemain de la saignée qui l'a fourni.

En somme, vous voyez que l'opération de la transfusion, bien qu'entourée de difficultés, peut rendre des services réels à la médecine et à la physiologie ; ce qui doit surtout préoccuper actuellement, c'est de fixer les procédés les plus avantageux et les plus propres à en mettre la pratique à l'abri des inconvénients nombreux qu'il est si important d'éviter.

Je terminerai en vous rappelant une expérience d'un autre ordre que nous avions laissée en arrière.

Exp. (10 mars 1858). — Sur un agneau de deux mois environ, on lia le pneumogastrique et le sympathique gauches.

Aussitôt l'oreille gauche devint plus chaude; l'œil

gauche se ferma presque entièrement, tandis que le droit était bien ouvert. La paupière n'était cependant pas paralysée, et l'animal pouvait ouvrir son œil quand il le voulait.

La narine gauche était plus étroite et restait immobile dans les inspirations ordinaires, tandis que dans les mêmes conditions, l'autre narine avait des mouvements très visibles. Dans les larges inspirations, lorsque l'animal s'agitait, les deux narines remuaient également bien.

Le sang veineux de la jugulaire était toujours bien rutilant; il devenait plus foncé lorsqu'on galvanisait le nerf mixte (vague et sympathique).

Six jours après, l'agneau était toujours bien portant. L'ouverture palpébrale gauche était plus petite. L'immobilité de la narine gauche était bien moins visible que le premier jour. La respiration était laborieuse et bruyante, surtout à droite.

Voici une autre expérience qui montre l'influence que peut avoir la fibrine sur la fluidité du sang.

Exp. — Sur un chien jeune, on retira 250 grammes de sang à l'aide d'une sonde introduite dans le cœur droit. L'animal poussait des cris et s'agitait à mesure qu'on arrivait à la fin de cette soustraction de sang, comme si cela l'eût fait souffrir. Alors le sang enlevé fut battu et défibriné; puis, ce sang défibriné fut réinjecté.

Quatre ou cinq minutes après, on retira par la sonde 100 grammes de sang, et on en laissa couler par le bout supérieur de la veine jugulaire 150 grammes. On défibrina ces nouvelles quantités de sang et on les réinjecta dans l'animal. Après les deux injections de sang défi-

briné, le chien grelottait, peut-être parce que le sang avait été réinjecté à froid ; mais ce qu'on nota de remarquable après cette défibrination, c'est la grande fluidité du sang qui continuait toujours à couler par la veine ouverte, à tel point que l'animal, qui faisait beaucoup de mouvements, serait certainement mort d'hémorrhagie par cette veine si l'on n'en n'avait fait la ligature. Jamais la mort n'arrive ainsi dans les conditions normales.

La quantité de sang diminue par l'abstinence. Un chien adulte, à l'abstinence complète, vit quinze à vingt jours en général. Si on donne de l'eau à l'animal, il vit plus longtemps. Si on lui donne de la gélatine dans l'eau, il vit encore bien plus longtemps, ainsi que le montre l'expérience suivante par laquelle je finirai.

Exp. — On donna à un vieux chien, à l'aide d'une sonde œsophagienne, 15 grammes par jour de gélatine dissoute dans l'eau. Au seizième jour de ce régime, l'animal se portait bien. Il avait, depuis qu'il était à ce régime, rendu une seule fois des excréments très solides, noirâtres à l'extérieur, et couverts extérieurement d'une couche gris blanchâtre qui brunissait en séchant à l'air.

Le vingt-deuxième jour, l'animal était toujours vif; seulement il avait maigri. S'il n'avait reçu que de l'eau pure, il aurait été sans doute déjà mort; la gélatine avait donc eu une influence. L'animal rendit ce jour-là une quantité considérable d'urine infecte. Quoique maigre, il paraissait bien portant; mais il dormait presque constamment.

Dans la suite, l'animal rendait tous les huit ou dix jours des excréments noirs et formés de couches con-

centriques ; son urine avait toujours une odeur infecte. Ce chien a vécu quarante-quatre jours; il avait toujours conservé sa vivacité et sa voracité jusqu'à la fin ; car, étant tellement faible qu'il ne pouvait plus marcher, il faisait encore des efforts pour courir après un lapin qui était dans le laboratoire.

Exp. — L'injection de 3 grammes de gélatine dissoute dans de l'eau donnèrent lieu à des vomissements chez un vieux chien (il n'en est pas de même chez le lapin).

En traitant les urines de ces animaux par le nitrate d'argent en excès, et ensuite par le tannin, on y détermina un précipité spécial à la gélatine.

VINGT-TROISIÈME LEÇON.

19 MARS 1858.

SOMMAIRE : Hématologie pathologique. — Des altérations du sang dans les maladies. — Altérations par modification des rapports de quantité de ses éléments. — Altération par introduction d'un principe fermentifère venu du dehors. — Altération par modification des conditions qui président à la nutrition. — Des réactions chimiques qui s'accomplissent dans le sang, entre éléments minéraux et entre matériaux organiques. — Des germes organiques fournis par l'air.

MESSIEURS,

Jusqu'ici nous avons presque exclusivement envisagé les matériaux du sang au point de vue des propriétés physiques qu'ils communiquent à ce liquide ; nous devons maintenant étudier le sang au point de vue chimique, et rechercher la part que prennent ses éléments dans les combinaisons et les décompositions dont il est à chaque instant le siége. Cette étude, fort en honneur depuis quelques années, a été l'objet d'un grand nombre de travaux exécutés avec un soin et une patience dignes d'éloges. Malheureusement la valeur des résultats que nous offre l'hématologie n'est pas en rapport avec la somme des recherches auxquelles a donné lieu cette partie de la chimie physiologique.

Le sang peut s'altérer de bien des manières ; ses altérations peuvent produire des effets très variés. On admet que souvent le sang est modifié chimiquement, et beaucoup de maladies ont été caractérisées par la diminution ou l'altération de quelqu'un de ses éléments.

Toutefois, il est souvent difficile de voir dans les altérations qui ont été signalées la cause principale des maladies qu'on voudrait caractériser par elles. On constate, en effet, dans des conditions qui ne sauraient être considérées comme pathologiques, que les quantités de la fibrine et des globules peuvent varier entre des limites aussi écartées que celles par lesquelles on prétend spécifier les états pathologiques. Il suffit, pour observer à cet égard des différences très notables, de faire porter son observation sur les parties successives d'une saignée qu'on fractionnera. Il n'est même pas nécessaire qu'une saignée soit assez abondante pour rompre l'équilibre des fonctions qui constitue l'état physiologique, on peut déjà observer des différences très nettes entre le sang recueilli au commencement de la saignée et le sang recueilli à la fin.

En cherchant à caractériser certaines affections par les variations d'un élément du sang, on ne tient donc pas suffisamment compte des faits complexes ; mais il y a là néanmoins des résultats qui pourront être utilement consultés lorsqu'on pourra en faire la part. En somme, cette méthode, qui employée seule est stérile, ne doit pas être négligée : elle constitue d'ailleurs un point de vue, un mode d'appréciation des phénomènes qui rendra des services réels, si la chimie vient à déterminer plus exactement les éléments du sang.

Il est un autre point de vue que nous devons signaler. Il consiste à admettre que l'introduction dans l'économie de matériaux empruntés au milieu extérieur, peut développer dans le sang un travail de fermentation qui

en modifie la constitution. C'est par ces idées qu'on cherche à rendre compte de l'action des virus; c'est en se basant sur ces vues que les anciens voyaient dans la maladie un effort de l'organisme pour expulser du sang un principe malfaisant. Voilà une seconde manière de comprendre le mécanisme des altérations chimiques du sang.

Il en est une troisième qui, sans s'attacher à une modification dans les rapports de quantité qui existent entre les éléments du sang et négligeant les actes analogues aux fermentations dont le liquide pourrait être le théâtre, suppose que les conditions qui règlent les échanges de matériaux entre le sang et l'extérieur ont changé. Cette manière de voir fait consister la maladie dans une perturbation du double mouvement d'entrée et de sortie, qui s'opère dans l'organisme, double mouvement en vertu duquel chaque partie se maintient dans une composition constante. Supposons, en nous plaçant à ce point de vue purement physique, que l'équilibre entre l'assimilation et l'expulsion vienne à être rompu, que l'influence nerveuse ou une autre amène une prédominance de l'une de ces actions sur l'autre, des troubles pourront en résulter. C'est ainsi qu'on a expliqué le choléra où nous voyons se produire l'émission d'une quantité de liquide extraordinaire. Au lieu d'absorber les matières qui le parcourent, le canal intestinal devient le siége d'une élimination considérable : le phénomène physique est renversé; il y a expulsion d'une partie des matériaux du sang; la direction du mouvement des liquides est changée. On sait que dans cette affection

l'absorption des substances médicamenteuses ou toxiques ne s'effectue pas; l'ordre des phénomènes physiologiques est entièrement perverti. Il est clair que la cause de cette désorganisation du sang qui perd ses éléments, peut être regardée comme de nature physique, et que ces faits peuvent se comprendre sans avoir recours pour les expliquer, à l'intervention d'un poison, d'un virus.

Nous aurons à examiner ici trois points de vue successivement, et à rechercher quelles confirmations et quelles oppositions chacun d'eux trouve dans les faits observés. Nous tenterons de voir ce que la physiologie peut apprendre à ce sujet; si de ces trois manières de comprendre les maladies il en est une plus probable que les autres; ou si toutes trois peuvent être regardées, dans des circonstances différentes, comme conduisant à une exacte interprétation des faits.

D'abord, la diminution ou l'excès de certains éléments du sang peut-elle engendrer des maladies?

En examinant les faits apportés à l'appui de cette proposition, et tenant compte, d'autre part, de ce que l'étude physiologique du sang nous a appris sur le rôle de ses éléments, on voit qu'il en est un seul qui soit vraiment essentiel au jeu des fonctions : ce sont les globules. Il est impossible jusqu'à présent de comprendre l'état pathologique qui serait occasionné par les variations de quantité de la fibrine. En effet, l'état physiologique nous offre des variations aussi considérables que celles observées dans les maladies. Dans ces conditions il n'est pas permis de conclure de la coïncidence à la relation de cause à effet. Dans les inflammations, par

exemple, on a noté une augmentation de quantité de la fibrine. Or, cette augmentation de la fibrine peut, sans cela, être en partie la conséquence des saignées par lesquelles il est d'usage de combattre ces affections. Il en est de même de l'albumine. Ces corps sont d'ailleurs difficiles à doser. En résumé, je crois que l'albumine et la fibrine ne peuvent, en raison de la quantité que le sang en renferme, devenir cause de maladie que lorsque leurs rapports de quantité ont tellement changé que les aptitudes physiques de la masse du liquide ont changé.

Relativement aux globules, leur diminution paraît amener un état maladif bien déterminé, la chlorose. On comprend très bien que dans cette maladie, caractérisée par une vitalité moindre, les troubles qui s'observent soient liés aux conditions physiologiques anormales créées par le défaut de globules.

Voilà à peu près tout ce que la physiologie nous apprend sur les variations de quantité des éléments du sang considérées comme causes de maladie.

J'arrive au second des points de vue que je vous ai signalés : celui qui assigne pour causes aux maladies des combinaisons chimiques qui se produisent soit dans le sang, soit avec des éléments venus du dehors, et engendrent des produits toxiques.

Avant d'examiner cet ordre de phénomènes, il convient d'établir quelles sont les propriétés du sang relativement aux réactions chimiques que l'on suppose se produire dans sa masse, quelles sont les conditions nouvelles que ce milieu apporte dans les affinités des corps

qui s'y trouvent en présence. A cet égard il y a lieu de faire des distinctions entre les phénomènes chimiques considérés dans leur rapport avec le milieu dans lequel ils peuvent se produire. Entre les substances minérales nous voyons s'effectuer des combinaisons dans lesquelles les éléments se fondent en un composé bien défini qui en représente la somme. Mais ces réactions ne sont pas les seules que nous connaissions, et nous avons déjà appelé votre attention sur des phénomènes chimiques compris sous le nom générique de fermentations, dans lesquelles un composé neutre se dédouble sous la seule influence du contact d'un corps nommé ferment, agissant simplement par sa présence. Il est d'autant plus important de distinguer ces deux sortes de réactions, qu'elles ne s'effectuent pas également bien dans le sang. Ce fluide, très favorable à la production des fermentations, s'oppose généralement à la combinaison des éléments inorganiques entre eux.

Nous avons autrefois institué un grand nombre d'expériences dans le but de produire dans le sang des combinaisons chimiques; nous avions pour cela choisi des éléments dont la combinaison donnait lieu à un composé facilement reconnaissable à ses caractères chimiques ou à sa réaction physiologique. Voici les résultats que nous avons obtenus :

La première condition était d'opérer avec des substances qui pussent être injectées impunément dans le sang; toutes, vous le savez, ne sont pas dans ce cas: certains sels minéraux, les sulfates notamment, occasionneraient rapidement la mort. Nous avions choisi

d'une part le prussiate jaune de potasse, et de l'autre un sel de fer, la combinaison de ces deux sels devant former du bleu de Prusse parfaitement reconnaissable à sa couleur. Le prussiate de potasse peut être impunément injecté dans le système sanguin; il n'en est pas de même de plusieurs sels de fer. J'ai dû chercher longtemps un sel de fer dont l'injection ne fût pas toxique. Ayant vu que le fer est altéré dans l'estomac, et qu'à cet état il doit y être absorbé, je pensai que la dissolution de la limaille de fer dans le suc gastrique devait être sans danger.

Je fis donc dissoudre de la limaille de fer dans le liquide stomacal recueilli chez un chien porteur d'une fistule gastrique. En injectant cette dissolution dans une veine, il n'y avait pas d'accident produit. Plus tard, ayant reconnu l'acide lactique dans la sécrétion stomacale, j'essayai l'injection du lactate de fer, qui put être faite encore impunément. Étant donc données ces deux substances, le prussiate de potasse et le lactate de fer, l'une et l'autre sans danger, et devant donner lieu par leur combinaison à un composé très facilement reconnaissable, je les injectai dans les veines de manière qu'elles pussent se rencontrer bientôt dans la masse sanguine. Chez les lapins (sur lesquels nous faisions ces expériences), les deux veines jugulaires sont séparées jusqu'à leur abouchement dans l'oreillette droite, parce qu'il y a deux veines caves supérieures. Dans l'une des veines jugulaires, on injectait du lactate de fer, dans l'autre, du prussiate de potasse; ces deux sels se trouvaient nécessairement en présence dès leur

arrivée dans le cœur droit, et cependant l'autopsie ne montrait aucune coloration bleue dans le poumon ni dans le cœur. Ces deux sels peuvent donc se trouver en présence dans le sang sans se combiner.

Avant de m'arrêter à cette conclusion, je m'étais demandé s'il n'était pas possible qu'un précipité de bleu de Prusse se fût formé dans le cœur, précipité qui eût été ensuite emporté par le sang. Bien qu'il me parût peu probable que du bleu de Prusse pût traverser les capillaires du poumon, je m'en assurai expérimentalement en en injectant une petite quantité dans la veine jugulaire d'un chat : le bleu de Prusse injecté se retrouva dans les capillaires du poumon. Il n'y avait donc réellement pas eu de combinaison formée entre le prussiate de potasse et le sel de fer, dans les expériences où ces sels avaient été injectés séparément.

Un grand nombre d'expériences de cette nature m'ont amené à conclure que si les substances ne se combinent pas dans le sang, cela tient à ce que les éléments du sang opposent un obstacle au libre exercice des affinités qui pourraient déterminer la combinaison des substances inorganiques. Le sel de fer injecté dans le sang se combine avec l'albumine du sérum, et dès lors le prussiate de potasse peut être introduit dans le sang sans se combiner avec le sel de fer. Il faudrait, pour rendre cette combinaison possible, détruire l'albumine.

Cette cause nous explique le phénomène très curieux de la combinaison de substances qui, après s'être trouvées en présence dans le sang et ne s'y être pas combinées, se combinent dès que sortant du sang elles se

rencontrent dans un liquide non albumineux. Dans le cas, par exemple, où l'on a injecté du prussiate de potasse ou du lactate de fer, ces corps, qui ne peuvent se combiner dans le sang, liquide albumineux, se combinent en formant du bleu de Prusse lorsqu'ils arrivent dans l'estomac ou dans la vessie. Je ne répéterai pas aujourd'hui l'expérience, déjà ancienne et faite très souvent, qui consiste, injectant dans les veines d'un animal du prussiate de potasse et du lactate de fer, à constater l'existence du bleu de Prusse dans l'estomac et la vessie et nulle part ailleurs ; mais on va vous montrer, hors de l'économie, les réactions qui expliquent ce qui s'observe dans ce cas.

1° Voici une solution aqueuse de lactate de fer. On y ajoute quelques gouttes d'une solution de prussiate de potasse : il y a immédiatement formation de bleu de Prusse.

2° Dans ce second verre est une dissolution de lactate de fer dans du sérum. Nous y ajoutons du prussiate de potasse : rien ne se produit.

3° Dans ce même verre où le lactate de fer et le prussiate de potasse sont en présence sans se combiner, nous versons une goutte d'acide acétique, puis en chauffant l'albumine est coagulée; le lactate de fer se combine avec le prussiate de potasse en donnant la coloration bleue caractéristique.

Je pense que toutes les idées et les pratiques fondées sur l'existence présumée de réactions analogues dans le sang sont illégitimes. Un homme a été empoisonné par le plomb ; on lui donne de la limonade sulfurique

pour former du sulfate de plomb insoluble et présumé sans action.

Rien n'autorise à admettre que les poisons minéraux puissent se produire chimiquement dans le sang; il est impossible, par conséquent, d'admettre qu'une maladie soit causée par la combinaison dans le sang de deux substances minérales. Dans les empoisonnements, ce n'est pas à la substance absorbée, mais seulement au poison resté encore dans l'estomac, que peut prétendre s'adresser le contre-poison chimique. Des sels métalliques qui ont une action sur les éléments du sang ne peuvent pas se combiner entre eux. Peut-être dans certains cas, des substances qui n'agissent pas sur les matières organiques du sang, telles que les iodures et les sulfures, sont-elles susceptibles d'entrer dans des combinaisons inorganiques.

Relativement aux actions chimiques qui tiennent à des actions catalytiques et qui sont de la nature des fermentations, sommes-nous dans le même cas? — Non, messieurs; le sang est un milieu éminemment favorable aux fermentations; toutes y sont non-seulement possibles, mais faciles. On peut le démontrer encore par l'injection de ces substances.

Vous connaissez, par exemple, l'action de l'émulsine sur l'amygdaline, action qui dédouble l'amygdaline en sucre et en essence d'amande amère. Ces deux substances, injectées isolément, sont sans effet toxique; lorsqu'elles se rencontrent dans le sang, la réaction a lieu et l'animal est empoisonné par une intoxication cyanhydrique avec l'odeur qui la caractérise. Il suffit pour

cela d'injecter en même temps l'amygdaline et l'émulsine par des veines différentes, ou de les injecter par une même veine à des instants assez peu éloignés pour que l'élimination de la substance injectée la première n'ait pas eu le temps de s'effectuer.

Dans le sang, les fermentations qui ne sont nullement entravées par l'albumine et la fibrine, sont ensuite singulièrement favorisées par la température de ce liquide animal.

Un autre exemple de fermentation se produisant dans l'organisme est celui de la fermentation alcoolique. Si l'on injecte dans une veine de la levûre de bière, il y aura fermentation soit du sucre qui aura été injecté en même temps par une autre veine ; soit même, si l'on a négligé d'injecter du sucre, fermentation du sucre que contient normalement le sang.

La levûre de bière a encore la singulière propriété d'éliminer l'acide carbonique du sang lorsqu'il ne contient plus de sucre. Ainsi, après avoir défibriné du sang, l'avoir laissé plusieurs jours abandonné à lui-même, ce sang ne renfermait plus trace de sucre. Cependant, en y ajoutant de la levûre de bière, il y avait un dégagement très évident d'acide carbonique.

Une autre partie du même sang fut saturée d'acide carbonique et mise avec de la levûre de bière, et la quantité d'acide carbonique rendu fut beaucoup plus considérable. La levûre de bière ne pouvait pas agir ici par l'acidité légère qu'elle possède, car le sang acidulé légèrement par l'acide acétique, et placé dans les mêmes conditions, ne présentait pas le même phénomène.

Je pourrais vous citer d'autres exemples de fermentations s'accomplissant dans le sang; mais je voulais seulement vous montrer que ces actions chimiques sont possibles, faciles même, dans le milieu sanguin, et je crois que ces deux exemples l'établissent suffisamment.

D'autres réactions peuvent se produire dans le sang, ne différant vraisemblablement des précédentes que par le mécanisme qui les prépare. Ainsi on a admis des fermentations qui, dues à l'action de ferments venus du dehors, opéreraient sur les matériaux du sang lui-même pour produire sa décomposition.

Un legs de 100,000 francs, destiné à récompenser le travail qui indiquerait un moyen curatif ou prophylactique efficace du choléra ou qui ferait connaître les causes de cette maladie, a été fait à l'Académie des sciences. Le testateur, M. Bréant, qui d'ailleurs n'était pas médecin, a exposé des idées analogues à celles que nous examinons sur la nature de la cause à chercher; il était convaincu de l'existence d'une matière organique, végétale ou animale, transportée par l'air, et qui, s'introduisant dans le sang, le décomposait et donnait naissance au choléra.

Sans doute, Messieurs, il est certain qu'il y a dans l'air une foule de choses qu'on ne connaît pas; aucun chimiste ne peut se flatter de fixer aujourd'hui l'exacte constitution du milieu dans lequel nous vivons. L'air renferme un grand nombre d'éléments appartenant au règne organique et qui peuvent jouer un rôle dans la production des maladies. En insistant sur ces idées, je

ne voudrais pas vous porter à admettre des choses qui ne reposent sur rien ; mais je crois qu'il serait regrettable qu'on se laissât détourner de ce genre de recherches par les excentricités dont elles ont été et dont elles seront encore le prétexte. Je vous indiquerai quelques faits qui prouvent cette influence d'éléments organiques contenus dans l'air ; on a vu que lorsqu'on laissait des flacons communiquer librement avec l'air, ou bien lorsqu'ils étaient munis de longs tubes pleins d'amiante et de coton destinés à tamiser l'air, les phénomènes de putréfaction se passaient tout autrement dans les matières introduites dans ces flacons. Il y avait action toute différente suivant que l'air était ou n'était pas tamisé, ce qui cependant ne changeait rien à sa composition chimique gazeuse connue.

Je vous rapporterai une expérience faite ici il y a quelques mois à un autre point de vue, expérience qui montre qu'il y a dans les études de ce genre un sujet de recherches des plus intéressantes.

1er septembre 1857. — Nous avons mis dans deux ballons de l'eau distillée, de la gélatine du commerce et du sucre de canne, afin d'y avoir des matériaux pouvant donner très facilement des moisissures. Pendant vingt minutes, le contenu de ces ballons fut maintenu en ébullition afin de tuer les germes organiques ; cette précaution nous a paru suffisante, car aucun des germes connus ne résiste à une température humide de 100 degrés. Nous pouvions donc admettre qu'il ne restait dans nos flacons rien d'organisé, rien qui eût vie. L'un de ces ballons a été scellé à la lampe après qu'on y eut laissé

rentrer de l'air ordinaire. L'autre ballon bouillant fut mis en communication avec un tube plein de fragments de porcelaine chauffé au rouge; ce tube était destiné à tamiser l'air qui rentrerait dans le ballon et à y détruire les germes dont il pourrait être le véhicule. Lorsqu'on laissa ce ballon se refroidir, il se remplit d'air chauffé et débarrassé de matières organiques; après quoi on le scella à la lampe. Or, les résultats obtenus ont été bien différents dans les deux cas : au bout de quinze jours il y avait, dans le premier ballon, des végétations évidentes; le contenu de l'autre était encore limpide. Au bout d'un mois le second ballon n'offrait pas trace de végétation, mais le liquide qu'il renfermait s'était troublé. Dans le premier ballon où on avait laissé entrer de l'air ordinaire, on pouvait voir de magnifiques moisissures que M. Montagne, qui les a examinées plus tard (4 mars 1858), a reconnu être du *penicillum glaucum* en fructification, des sporules étaient disséminées dans le liquide.

Dans l'autre ballon à air chauffé, il n'y avait rien du tout d'organisé; on n'y put rien découvrir, examinant son contenu au microscope (le 4 mars 1858).

L'air a donc fourni des germes organiques qui ont été le point de départ de formations organisées. Il serait du plus haut intérêt de savoir si quelques phénomènes analogues peuvent s'accomplir chez l'individu vivant.

L'air des deux ballons fut analysé le 4 mars 1858. Pour cela on cassa la pointe des deux ballons sous le mercure et on constata que dans le ballon qui avait été rempli d'air chauffé, il y avait une ascension considé-

rable du mercure, ce qui indiquait un volume moindre de gaz. Ce phénomène ne fut pas bien sensible dans le ballon rempli à froid.

L'analyse de l'air du ballon à air froid dans lequel s'étaient développées les végétations donna :

Acide carbonique, 13,48 pour cent volumes; oxygène, pas d'une manière appréciable. Cet air avait une odeur très désagréable.

La réaction du liquide contenu dans ce ballon était faiblement alcaline.

Dans l'autre ballon à air chaud où les végétations ne s'étaient pas développées, on trouva :

Acide carbonique, 12,43 pour cent, et pas d'oxygène. L'examen n'y montra ni infusoires ni végétaux ; il n'exhalait pas d'odeur putride, mais seulement une odeur légère de fromage. La réaction du liquide était neutre ; il n'offrait pas trace de sucre non plus que celui de l'autre ballon.

On avait mis comparativement deux autres ballons avec de l'eau distillée très légèrement sucrée. On y avait introduit de l'air dans les mêmes conditions. Voici ce que donna l'analyse :

Dans le ballon qui avait été rempli d'air à froid, on ne trouva pas d'acide carbonique, et 20 pour cent d'oxygène.

Dans deux autres ballons on avait mis de la gélatine seule et on les avait remplis d'air dans les mêmes conditions.

Lorsqu'on déboucha les deux ballons sur le mercure, il y eut dans tous deux élévation du mercure et diminution considérable du voluble du gaz.

L'analyse du gaz donna : 1° pour le ballon rempli d'air à froid, 13,89 pour cent d'acide carbonique et pas d'oxygène ; 2° pour le ballon rempli à chaud, 10,25 pour cent d'acide carbonique et 5,12 pour cent d'oxygène. Il n'y avait eu de végétation développée dans aucun ballon.

Cette expérience est intéressante en ce qu'elle nous montre :

1° Que les végétations ne peuvent avoir lieu qu'autant qu'il existe dans le liquide une matière sucrée et une matière albuminoïde.

2° Qu'il faut, en outre, que les germes de ces végétations soient fournis par l'air ordinaire.

3° Nous voyons en outre par l'analyse comparative des gaz contenus dans les divers ballons que les phénomènes chimiques, c'est-à-dire la disparition de l'oxygène, a eu lieu dans tous les flacons où il y avait de la matière albuminoïde, qu'il y ait eu ou non végétation, c'est-à-dire développement d'êtres vivants. Ce qui indiquerait que dans l'accomplissement des actes vitaux, les phénomènes chimiques existent concurremment avec les actes vitaux sans toutefois y être rattachés par les relations de cause à effet. De telle sorte que si on doit admettre qu'il ne peut pas y avoir développement sans phénomène chimique, on doit reconnaître que le phénomène chimique peut se produire indépendamment de la présence d'êtres vivants.

VINGT-QUATRIÈME LEÇON.

24 mars 1858.

SOMMAIRE : Altérations du sang produites par des matières putrides venues du dehors. — Altérations par fermentations spontanées ou de cause interne. — Comparaison des résultats de l'extirpation d'un rein et de la destruction de ses nerfs. — Intoxication putride spontanée de cause nerveuse. — Spécialité d'action des ferments.

Messieurs,

Notre dernière réunion a été consacrée à l'examen des points de vue auxquels on s'est placé pour expliquer par une lésion du sang des états pathologiques variés. De ces points de vue les uns sont physiques et tiennent compte surtout des modifications mécaniques qui peuvent survenir dans le mouvement des liquides organiques, les autres, purement chimiques, placent dans une altération de la composition du sang la cause des désordres observés. Aucune de ces idées ne peut aujourd'hui être écartée d'une manière absolue; mais il en est une à laquelle on s'est plus spécialement arrêté. Je veux parler de celle qui attribue à des ferments introduits dans le sang une influence qui en altère la constitution chimique et physiologique. D'où viendraient les ferments? Deux origines sont possibles : les uns les font venir de l'extérieur ; les autres pensent, et cette opinion est celle qui compte le plus de partisans, que dans le sang lui-même peuvent se développer les principes qui en déterminent la décomposition.

Les principes qui opèrent la désorganisation chimique du sang peuvent venir du dehors. On sait depuis long-

temps qu'introduites dans le sang, les substances putréfiées exercent une influence funeste. De l'eau dans laquelle avaient macéré des chairs putréfiées ayant été injectée dans la veine jugulaire de chiens, produisit des désordres généraux rapidement mortels : pareille chose est arrivée même pour de l'eau de macération de tissus frais en apparence et n'offrant aucune odeur putride. Ces essais faits par Gaspard, il y a vingt-cinq ou trente ans, ont constamment causé la mort des animaux dans un temps plus ou moins long suivant la nature des substances employées. Lorsque l'état de putridité du liquide injecté est bien prononcé, les effets sont immédiats : paralysie du train postérieur qui devient bientôt générale, la respiration s'arrête; la mort ne tarde pas à survenir.

Lorsque les matières en putréfaction sont introduites dans le canal intestinal, rien de semblable n'a ordinairement lieu. Spallanzani, qui avait remarqué l'innocuité de l'ingestion dans les voies digestives des substances corrompues, l'attribuait à l'action antiseptique du suc gastrique. Nous avons vu cependant ici un fait assez singulier : des viandes salées venues du Brésil avaient été désalées par une macération de quelques jours et données ensuite à plusieurs chiens qui les mangèrent et moururent tous. La mort n'a pu être causée que par les principes toxiques de nature organique qui se développent dans certaines salaisons. Ici cette substance toxique a donc pu agir par le canal intestinal.

Si au lieu d'ingérer ces matières en putréfaction dans le canal intestinal, on les introduit dans le tissu cel-

lulaire, leur action toxique se manifeste souvent comme si elles avaient été introduites directement dans le sang, avec moins de rapidité cependant en raison des lenteurs de l'absorption.

Cette espèce d'intoxication a été considérée comme une sorte de fermentation putride. Sous l'influence de la matière en décomposition, agissant comme ferment, une décomposition particulière se produirait dans les éléments du sang, décomposition qui en détruirait complétement les aptitudes fonctionnelles. Ce serait un effet analogue à celui qu'on produit en mettant une petite quantité de matière en décomposition en présence d'albumine fraîche ; la putréfaction de l'albumine devient alors très rapide.

Il serait difficile de considérer la mort de l'animal comme résultant de l'effet toxique des produits gazeux de la fermentation putride, de l'hydrogène sulfuré ou de l'ammoniaque. L'élimination de ces gaz est trop facile et trop prompte pour qu'on puisse attribuer à leur action les phénomènes morbides qui apparaissent dans ces circonstances. Quoi qu'il en soit des interprétations, un fait reste : c'est qu'il y a intoxication par les matières putrides portées dans le torrent circulatoire, intoxication dans laquelle le sang perd la propriété de se coaguler, devient noir, visqueux, et perd la faculté de redevenir rutilant à l'air.

Le fait reconnu, il y a lieu de se demander si des causes semblables de désorganisation peuvent se développer spontanément chez un individu vivant, s'il n'est pas telles conditions dans lesquelles des actions toxi-

ques de cette nature se produisent sans qu'on puisse les attribuer à l'introduction dans l'économie de matières organiques en décomposition.

Mais avant d'aborder cette question, nous devons reconnaître que tous les modes d'introduction de ces ferments putrides n'ont pas été étudiés. L'absorption qui ne se fait généralement pas par le canal intestinal, qui ne se fait qu'accidentellement par le tissu cellulaire ou le sang, peut avoir lieu normalement par le poumon. Rien au moins ne tend à établir que l'intoxication putride ne puisse pas avoir lieu par cette voie. Il est au contraire très probable que le poumon offre une surface d'absorption aux influences miasmatiques, et ce serait là la principale voie par laquelle trouveraient accès les produits de la décomposition organique dont l'influence pernicieuse est incontestable.

Enfin il est possible que les substances qui agissent sur le sang comme des ferments, pour en déterminer la décomposition putride, soient produites dans l'organisme lui-même. Ce cas existe aussi, assurément. Toutes les fois que le sang reste en repos, il tend à se décomposer rapidement. Le sang d'une saignée faite à un animal sain, que ce sang ait ou qu'il n'ait pas été défibriné, a acquis, au bout de quelque temps, la propriété de déterminer la mort par une véritable intoxication chez les animaux auxquels on l'injecte. Bien que ce sang n'offre alors aucun des caractères sensibles de la putréfaction, c'est bien à une action décomposante qu'il faut attribuer les effets de son injection, puisque ces effets ne sont pas produits lorsque le sang est injecté

immédiatement après avoir été obtenu par la saignée. Le sang qu'on injectera dans l'opération de la transfusion devra donc être injecté immédiatement après avoir été recueilli; je ne doute pas qu'on doive voir dans l'absence fréquente de cette précaution la principale cause d'insuccès de cette opération.

Nous voyons qu'abandonné à lui-même, le sang peut s'altérer très rapidement et échanger ses propriétés physiologiques contre des propriétés éminemment toxiques. Il s'agit de savoir si, dans les vaisseaux, lorsque la circulation est enrayée quelque part, qu'il y a stase sanguine dans un organe, quelqu'une des altérations sur lesquelles j'ai appelé aujourd'hui votre attention n'en peut pas être la conséquence. Cela me paraît probable, et j'interprète ainsi des expériences faites autrefois par Marchand, répétées par Müller, et plus récemment par M. Armand Moreau, sur la destruction des nerfs du rein. On sait que lorsqu'on enlève un rein à un animal, on ne détermine chez lui aucun trouble apparent; l'hypertrophie du rein qu'on lui a laissé paraît être la seule conséquence de l'opération; l'ablation d'un seul rein ne cause donc pas la mort. Mais voici un fait bien singulier : lorsqu'au lieu d'enlever un rein on se borne à couper les nerfs qui s'y rendent, laissant d'ailleurs intactes l'artère et la veine, cette opération est constamment et rapidement mortelle. Ainsi l'ablation d'un rein n'est pas une opération mortelle, tandis que la section seule de ses nerfs l'est toujours. Pourquoi cette différence qu'on ne soupçonnerait certainement jamais *à priori* et dont l'énoncé doit

paraître paradoxal? — En examinant les faits, on voit que la section des nerfs a été suivie d'une altération singulière du tissu du rein. Marchand ayant coupé les nerfs du rein chez un mouton, l'animal succomba au bout de trois ou quatre jours; et à l'autopsie, lorsqu'il chercha le rein au milieu de la suppuration qui avait envahi la plaie, il lui sembla qu'il avait disparu. Cette observation était conforme à ce qui a été vu depuis. M. Moreau a vu que, dans certains cas, le rein tombait en déliquium au point de disparaître en quelque sorte. La section des nerfs amène donc une véritable décomposition de l'organe, une fonte putride qui se mêle au sang par une véritable résorption, ce qu'expriment d'ailleurs les symptômes toxiques. Des mécanismes variés par lesquels la mort peut arriver après la section d'un nerf, celui-là est assurément le plus singulier; il se rapproche des effets de l'injection dans le sang de substances toxiques organiques. Quant à la lésion qui est le point de départ de ces accidents, la lésion du nerf, on comprend parfaitement qu'elle puisse être spontanée.

Ainsi, la source la plus féconde des altérations morbides occasionnées par un changement de la composition du sang se trouverait dans ces phénomènes de décomposition que nous avons comparés aux fermentations.

Cependant nous devons ici, à propos des ferments, apporter quelques restrictions sans lesquelles on pourrait être porté à généraliser des conclusions qui doivent souvent rester particulières. Les chimistes ont défini le

ferment une matière organique, albuminoïde, qui tend à se décomposer et à entraîner la décomposition d'une autre substance. Mais il ne faudrait pas conclure de là que tout ferment opérera la décomposition de toute espèce de matières fermentescibles ; chaque ferment a des propriétés spéciales, et il ne faudrait pas croire que tout ferment introduit dans le sang y déterminera la décomposition de ce liquide. On sait, en effet, que le sang renferme des substances qui agissent comme ferments. Le sérum est dans ce cas, les expériences de Magendie ont montré qu'il agit sur l'amidon comme la diastase : c'est à cette propriété qu'est due la transformation en sucre de la matière amylacée du foie.

Si l'on injecte de la salive dans le sang, on ne produit aucun effet fâcheux.

On peut aussi injecter impunément dans les veines le suc pancréatique; il se retrouve dans l'urine, coagulable par l'alcool, et pouvant être ensuite redissous dans l'eau. Ce dernier caractère appartient, suivant nous, à tous les ferments solubles qu'on pourrait ainsi séparer du liquide où il se trouvent en les coagulant par l'alcool, et les obtenir ensuite à l'état de dissolution aqueuse. Le suc pancréatique est, sous ce rapport, le type des ferments en dissolution.

Certains ferments peuvent donc être injectés dans le sang sans produire d'effets fâcheux. Faut-il en conclure que, lorsque la décomposition du sang donne lieu à un produit toxique particulier, c'est un ferment différent? — S'il en était ainsi, on pourrait chercher à l'isoler.

Ces actions morbides ne peuvent s'expliquer que par une décomposition du sang qui ne se renouvelle plus. Magendie a vu que, dans ces conditions, une saignée, faite avant la mort de l'animal, donne un sang profondément altéré : il perd plus ou moins complétement la propriété de se coaguler ; il est noir; des engorgements se rencontrent dans certains organes, particulièrement dans le poumon ; il se fait des hémorrhagies dans les intestins, dans la vessie, tous accidents observés dans les maladies dites putrides, notamment dans la fièvre jaune. L'altération du tissu du poumon, qui est d'un rouge noir, ramolli, friable, est la conséquence de la stase du sang. Une altération profonde se trouve aussi dans le foie, dont le tissu est ramolli, noir, altéré dans sa structure.

D'autres expériences devront être instituées sur les qualités de ce sang en décomposition. Il faudra voir si, pendant qu'il circule sur l'animal malade, il a déjà des propriétés toxiques lorsqu'on l'injecte dans les veines d'un animal sain.

On a dit d'une manière générale que le sang veineux était toxique, parce qu'on le regardait comme incapable d'entretenir la vie des tissus. Cette vue me paraît incompatible avec les faits observés de communication entre les cavités droites et les cavités gauches du cœur, faits dans lesquels la lésion anatomique a bien causé une mort prématurée des sujets, mais dans lesquels il est impossible d'admettre que la mort ait été le résultat d'une intoxication. Nous aurons donc à revenir sur ce fait, et à voir, par injection sur un animal sain, si le sang veineux qui circule est toxique.

Un grand nombre d'expériences ont prouvé à Magendie qu'il n'était pas impossible de déterminer quelques-unes des conditions auxquelles répondent certaines altérations. Il a reconnu que des conditions, qui ne sont pas précisément celles de l'état morbide, pouvaient donner au sang des propriétés délétères. Ainsi Magendie a vu que le sang d'un cheval soumis depuis longtemps à l'abstinence déterminait immédiatement les accidents les plus graves, lorsqu'on l'injectait chez un animal bien portant.

En résumé, les causes d'altération du sang sont très nombreuses.

Jusqu'ici elles n'ont pas été suffisamment étudiées; si l'attention s'est portée sur elles, c'est qu'on trouvait, dans le fait de la viciation du sang, des arguments à l'appui de diverses opinions sur des points obscurs de pathogénésie. On a pu admettre qu'il y en a un grand nombre; il serait utile maintenant de déterminer le mécanisme et la cause au moins de quelques-unes d'entre elles.

VINGT-CINQUIÈME LEÇON.

26 MARS 1858.

SOMMAIRE : Du sang noir et de son inaptitude à entretenir la vie. — Expériences de Bichat : ligature de la trachée. — Examen critique de cette expérience. — De la respiration artificielle comme moyen d'étude de l'action du sang noir sur les organes sécréteurs. — Le sang veineux est-il toxique parce qu'il contient des principes organiques délétères? — Effets de l'occlusion de la trachée. — Expérience. — Effets de l'asphyxie lente.

MESSIEURS,

Examinant le mécanisme des altérations du sang qui peuvent répondre aux différents états morbides, nous avons particulièrement insisté sur la cause d'altération qui paraît être la plus fréquente, l'introduction dans le sang de matières organiques qui peuvent agir sur lui de manière à le décomposer et à lui enlever ainsi ses propriétés physiologiques. On a dit que dans ces cas, le sang devenait noir; ce caractère a été signalé par les pathologistes qui ont vu dans cette coloration du sang un indice de la gravité, de la malignité des maladies. Nous examinerons aujourd'hui la valeur de ce caractère et ce que peut sur la vie des tissus l'influence d'un sang noir, considérée non-seulement à l'état pathologique, mais même à l'état physiologique; car on a dit d'une manière générale que le sang noir était vénéneux.

Depuis Bichat on est resté dans l'idée que le sang noir, le sang veineux, est impuissant à entretenir la vie. C'est une question à examiner; il faut rechercher par quel

mécanisme il aurait pu prendre des propriétés toxiques. Bichat a fait à ce sujet beaucoup d'expériences auxquelles lui-même attachait peu d'importance, sentant combien elles étaient indirectes et peu rapprochées de la conclusion qu'il en tirait. Pour rendre le sang noir, il liait la trachée aux animaux ; or, il est évident qu'en présence des troubles considérables que produit le fait de la suffocation, on ne sait quelle part attribuer à l'action du sang noir et quelle part attribuer à la suppression de la respiration. Je crois que cette dernière influence est celle qui explique le mieux les désordres produits, puisque l'on a vu des hommes vivre avec des communications anormales entre les cavités droites et les cavités gauches du cœur, sans que l'expression symptomatique de leur état morbide fût absolument comparable aux effets de la compression de la trachée. Enfin il est des animaux chez lesquels cette communication existe normalement, chez lesquels, par conséquent, la vie des tissus s'entretient par l'intermédiaire d'un sang qui est un mélange de sang hématosé et de sang veineux.

Mais toutes ces considérations ne sont que des analogies, et la question ne saurait être résolue que par l'expérience directe. Il faut donc injecter du sang veineux dans l'organisme. L'expérience a montré qu'on pouvait l'injecter dans les veines sans produire d'accident ; mais cela ne prouve rien : on a enlevé du sang dans les veines qu'on réinjecte dans les veines ; si des accidents suivaient cette opération, il faudrait les attribuer non à l'injection du sang veineux, mais aux qualités délétères qu'il aurait pu prendre pendant le transvasement.

Pour que l'expérience fût probante, il faudrait injecter du sang veineux dans une artère. C'est ce qu'a fait Bichat ; mais comment l'a-t-il fait ? — Bichat recommande de prendre l'artère d'un membre le plus haut possible et d'injecter le sang vers la périphérie. Après cela il note des accidents de paralysie. Mais, dans ce cas, les désordres qui se manifestent peuvent provenir de la ligature de l'artère. En effet, la simple ligature du vaisseau, sans injection de sang veineux, suffit pour les provoquer. Et par cela même qu'on réajouterait le sang dépourvu de la pression cardiaque, la paralysie en serait encore la conséquence. Jusqu'ici les expériences ne sont donc pas du tout concluantes.

Nous avons autrefois cherché à nous placer dans d'autres conditions qui nous permissent de tirer de nos observations des conclusions plus en rapport avec le phénomène qui était l'objet de nos études. Nous avons injecté aussi du sang veineux directement dans le système artériel : les animaux ont succombé ; mais dans ce cas encore la mort ne devait pas être attribuée aux propriétés du sang veineux ; elle était due à des conditions mécaniques tout à fait imprévues.

Pour obtenir un mélange du sang veineux avec la masse du sang artériel, j'avais pensé à pousser par la carotide droite une injection de sang veineux dans l'aorte. A la suite de ces injections, les animaux sont morts très rapidement ; j'ai cru d'abord que cela tenait aux propriétés toxiques du sang veineux ; cependant, la mort était, dans quelques cas, trop rapide pour pouvoir être rapportée à cette cause.

[illegible] mêmes effets. Les injec[illegible]
[illegible] par l'artère carotide d[illegible]
[illegible] rapide, en produ[illegible]
[illegible] obstruait le [illegible]
[illegible] par la seringue, [illegible]
[illegible] s'introduisai[illegible]
[illegible] coronaires dan[illegible]
[illegible] épanchement[illegible]
[illegible]

[illegible] sur le systèm[illegible]
[illegible] Une foul[illegible]
[illegible] la prétention de [illegible]
[illegible] Aucune concl[illegible]
[illegible] les faits obse[illegible]
[illegible] physiologiques du sang[illegible]

[illegible] qui se sont pro[illegible]
[illegible] fait faire des t[illegible]
[illegible] permettront d'injecter, [illegible]
[illegible] du sang veineux dan[illegible]
[illegible] aussi près que possible de sa sorti[illegible]

de mettre les tissus au contact d'un sang noir, d'un sang non hématosé.

L'insufflation artificielle permet d'entretenir après la mort quelques-uns des phénomènes de la vie lorsque celle-ci a cessé brusquement. Du côté de la vie de relation, la respiration artificielle ne peut qu'entretenir certaines propriétés des tissus; mais elle peut maintenir en activité les phénomènes de la vie organique. Selon qu'on exercera ou qu'on suspendra la respiration artificielle, le cœur enverra dans les organes du sang rouge ou du sang noir.

Voici une expérience qui nous donne à cet égard des faits parfaitement nets et d'une observation facile :

A l'aide du curare, qui produit une paralysie complète du système nerveux moteur, on tue un animal sans produire de délabrement, avec conservation des propriétés des tissus, en faisant simplement disparaître toute action spontanée et réflexe dans laquelle le système nerveux est en jeu. Les mouvements extérieurs et les mouvements respiratoires sont abolis; le cœur continue à battre. Ces phénomènes dont nous avons été souvent témoins vont être produits chez ce lapin ; nous lui injectons dans le tissu cellulaire de la cuisse une petite quantité d'une dissolution de curare assez peu concentrée pour que la mort ne survienne pas trop vite. Après quoi nous l'insufflerons : les propriétés des tissus, du sang, des glandes, seront conservées.

Dans l'intervalle des insufflations, vous verrez que le sang coule noir partout; l'urine ne coule pas; le sang est noir dans la veine. Lorsqu'on vient à pratiquer la

respiration artificielle, les sécrétions entrent toutes en activité; les urines coulent et bientôt contiennent du sucre. En suivant l'influence de l'insufflation sur les sécrétions, on voit d'abord le sang devenir rouge dans les artères, puis dans les veines qui sortent des organes sécréteurs; et pendant tout le temps que dure l'opération on voit s'écouler par les canaux excréteurs les produits de la sécrétion des différentes glandes. Quand l'insufflation est interrompue, le sang devient noir partout et les sécrétions s'arrêtent. Dans ces observations, l'influence du sang noir paraîtrait être rendue évidente; il semblerait impuissant à stimuler les organes sécréteurs à puiser les matériaux dont le passage caractérise le temps mécanique de la fonction qu'ils accomplissent.

Nous reviendrons ailleurs sur l'explication de ces phénomènes qui sont relatifs à la paralysie des nerfs produite par le curare, parce qu'ils sont en rapport, non-seulement avec la qualité du sang, mais avec la pression sous laquelle il circule. En effet, quand on cesse l'insufflation, la sécrétion s'arrête en même temps que la pression artérielle est troublée. Quand on reprend l'insufflation, la sécrétion reprend en même temps que la pression se régularise; ce dont on peut s'assurer à l'aide du cardiamètre appliqué à une artère de l'animal chez lequel on pratique l'insufflation.

Un autre fait montre que dans l'expérience que je viens de vous rappeler et que nous allons répéter, les effets observés sont bien dus à l'influence primitive de l'oxygène sur le sang, et par suite, sur les tissus qu'il stimule, et non aux mouvements qui étaient la consé-

quence de la dilatation et du resserrement alternatifs de la cage thoracique. Nous avons, en effet, pratiqué l'insufflation avec de l'hydrogène ; le sang sortait noir, et les sécrétions étaient suspendues.

Voilà donc une première épreuve qui établit, non pas que le sang noir a des propriétés toxiques, mais qu'il est impuissant à exciter les sécrétions. Nous avons toutefois l'intention de la compléter en injectant du sang veineux dans l'artère de la glande sous-maxillaire, excitant le nerf et examinant si, dans ces conditions, la sécrétion peut s'effectuer.

Quelle différence y a-t-il donc entre le sang noir et le sang rouge? — L'analyse chimique nous donne, dans le sang noir, de l'oxygène en moins et de l'acide carbonique en plus. Faut-il attribuer à cette différence de composition l'influence nulle ou fâcheuse qu'exerce le sang veineux sur les organes? — Je ne puis pas le croire; car j'ai ici, sans produire aucun désordre, injecté des quantités considérables d'acide carbonique dans les veines et dans les artères. Normalement, le sang veineux est loin d'être saturé d'acide carbonique. Il faut qu'il y ait dans le sang veineux quelque autre cause qui le rende impropre à entretenir la vie des tissus. On a signalé, parmi ces principes délétères, des produits miasmatiques qui s'échapperaient des poumons pendant l'expiration. Il est constant que des matières organiques sont expulsées par cette voie. On a par condensation recueilli de la vapeur d'eau dans des lieux publics, et constaté que l'eau ainsi recueillie et provenant en majeure partie de la respiration, avait une grande ten-

dance à la putréfaction. Il ne serait pas prouvé cependant que le sang veineux puisse, indépendamment de l'acide carbonique qu'il contient, exercer une influence délétère due à des principes organiques toxiques dont il serait le véhicule.

Le lapin que nous avons empoisonné avec une très faible dose de curare, il y a dix minutes environ, ne respire plus; son sang est noir dans les veines, comme vous pouvez le voir par la plaie que nous faisons pour mettre à nu la trachée; il est aussi parfaitement noir dans les artères.

Nous ouvrons maintenant l'abdomen, afin de vous faire voir les veines et artères rénales contenant un sang noir qui deviendra rutilant après quelques instants d'insufflation. Les artères et les veines rénales, la veine cave inférieure, l'aorte, tous les vaisseaux abdominaux sont remplis d'un sang noir.

Nous commençons l'insufflation à l'aide d'une bouteille de caoutchouc dont les parois sont assez résistantes pour qu'elle reprenne sa forme quand elle a été comprimée, et se comporte ainsi comme un soufflet sous l'influence de pressions alternatives. L'insufflation étant continuée, le sang devient rouge dans les artères; tout à l'heure il le sera dans les veines glandulaires. Déjà les sécrétions intestinales entrent en activité, de l'urine s'écoule par les uretères; le sang veineux rénal est moins noir et se rapproche par sa coloration du sang artériel. L'insufflation, en rendant au sang sa coloration rouge, a donc permis en même temps le retour des fonctions sécrétoires.

Nous voyons dans cette expérience qu'aussitôt que le sang noir va aux glandes, les sécrétions s'arrêtent. Cette expérience peut être répétée sur un animal vivant comme le faisait Bichat, en mettant un robinet à la trachée. On peut voir aussi que dans ces conditions les sécrétions s'arrêtent.

Qu'arrive-t-il lorsqu'après avoir lié la trachée sur un robinet, on vient à fermer ce robinet? — Des effets très remarquables sont produits sur le cœur et sur le poumon ainsi que vous allez le voir.

On lie sur un robinet ouvert la trachée d'un lapin; l'animal respire; son cœur bat. Lorsque ensuite on ferme le robinet, tout s'arrête à l'instant : la respiration est suspendue; le cœur et les sécrétions s'arrêtent. Bientôt après, le robinet étant toujours fermé, on voit commencer des mouvements thoraciques tout à fait semblables aux mouvements respiratoires. Si alors on ausculte l'animal, le robinet étant toujours fermé, on entend les battements du cœur très ralentis : ils sont quelquefois tombés à 14, à 16, à 20; l'impulsion cardiaque est aussi modifiée. L'auscultation laisse en outre entendre parfaitement les bruits respiratoires. Vous savez comment on explique les bruits respiratoires normaux, par le passage de l'air dans les canaux bronchiques et leurs ramifications. Il est singulier que lorsque l'accès de l'air est empêché, on puisse entendre un bruit tout à fait semblable. En effet, le bruit entendu n'est pas, ne peut pas être un bruit respiratoire; nous avons reconnu qu'il est dû à une altération anatomique qui se produit dans le poumon, altération qui vient s'ajouter aux causes de

mort auxquelles succombera l'animal. Normalement, il n'existe pas de vide entre les poumons et les parois thoraciques ; pendant la respiration, l'air qui pénètre les vésicules pulmonaires comble le vide qui tendrait à se faire entre le poumon et les côtes. Lorsque l'occlusion de la trachée empêche l'accès de l'air et que le thorax se dilate néanmoins, le tissu du poumon se trouve soumis à un tiraillement qui produit la rupture d'un certain nombre de vésicules pulmonaires, et par suite de l'emphysème. Ce bruit respiratoire se produit, soit qu'on ferme le robinet pendant l'inspiration ou pendant l'expiration, alors même qu'on l'a fermé après avoir fait le vide dans le poumon avec une seringue. L'action de ce vide produit dans les bronches une affluence de liquides muqueux, qui donnent des râles humides qui n'existaient pas auparavant et qu'on entend lorsqu'on laisse ensuite l'animal respirer librement. Après cette opération, on trouve dans le poumon des ecchymoses analogues à celles qu'on observe après la section du pneumogastrique. Le poumon ne s'affaisse plus quand on ouvre la poitrine. En poursuivant quelque temps l'expérience, on voit que l'emphysème n'est pas borné seulement au poumon et au tissu cellulaire sous-pleural : les médiastins offrent aussi cette lésion, parce que l'air finit quelquefois par y entrer dans les mouvements d'inspiration, non pas par la trachée qui est fermée, mais par la plaie du cou. L'animal paraît faire des mouvements d'inspiration très violents, mais qui, en réalité, ne font que déformer les parois de la poitrine, ainsi qu'on s'en est assuré par l'expérience qui suit. Cette expérience, faite sur un chien,

donne les mêmes résultats que chez le lapin, sauf les bruits respiratoires et l'emphysème qui se produisent plus difficilement en raison de la ténacité plus grande du tissu pulmonaire. Nous savons que la même chose a lieu après la section des pneumogastriques.

Exp. (17 octobre 1847). — Sur un chien adulte, on appliqua une canule à la trachée. Pendant que l'animal était calme, on n'entendait pas de bruit respiratoire. On appliqua alors un robinet à la canule; ce robinet rétrécit l'orifice trachéal et donna un murmure plus fort à l'inspiration qu'à l'expiration, en même temps qu'un bruissement continu, dû sans doute à un état de frémissement dans lequel se trouvait le système musculaire de l'animal.

Alors on ferma le robinet. Le chien resta longtemps, une minute peut-être, sans manifester le besoin de respirer; au bout de ce temps, il s'agita et fit des efforts pour dilater le thorax; mais on n'entendait aucun bruit pulmonaire à l'auscultation. Les battements du cœur s'étaiht ralentis.

On ouvrit alors le robinet, et aussitôt une respiration accélérée donna des bruits forts dans le robinet et dans le poumon à l'auscultation.

On ferma alors de nouveau le robinet. L'animal resta cette fois moins longtemps sans avoir besoin de respirer, et nous avons remarqué que ce besoin de dilatation du thorax se produit d'autant plus vite que l'expérience dure depuis plus longtemps, et même si la fermeture du robinet a lieu au moment où la respiration est accélérée, les mouvements du thorax peuvent continuer sans s'interrompre.

Chose remarquable, les efforts respiratoires que faisait l'animal quand il avait la trachée bouchée n'étaient pas du tout de même nature que ceux auxquels il se livrait quand il avait la trachée ouverte. Dans le cas d'occlusion de la trachée, le chien respirait comme lorsque les pneumogastriques sont coupés, c'est-à-dire que d'abord il y avait effort des muscles abdominaux comme pour fixer le thorax; puis, au moment même de l'effort inspiratoire, le thorax s'aplatissait, le sternum s'abaissait et les cartilages costaux s'incurvaient pour le suivre de même que les cartilages et les rebords des fausses côtes. En même temps l'abdomen s'aplatissait et présentait un creux dans la région épigastrique. Il est évident que là il y avait des mouvements inverses aux mouvements respiratoires, c'est-à-dire aplatissement du ventre dans l'inspiration. On remarqua aussi que les côtes ne jouaient pas et étaient immobiles de haut en bas. L'expiration était très brusque, les efforts inspiratoires longs; les mouvements des narines les accompagnaient.

On ouvrit ensuite le robinet : aussitôt les côtes se murent librement; les mouvements respiratoires étaient réguliers.

Alors on ouvrit l'abdomen pour voir le jeu du diaphragme. Quand le robinet était ouvert, le diaphragme s'abaissait régulièrement dans l'inspiration et refoulait le foie en bas ; les côtes jouaient bien. Quand le robinet était fermé, le diaphragme restait collé au poumon; au moment de l'inspiration, il se contractait fortement, mais sans pouvoir s'abaisser. Voici alors ce qui se passait: toutes les fibres qui s'insèrent aux côtes et au centre

diaphragmatique se contractaient, tiraient sur le rebord du thorax et tendaient à le courber en dedans; puis les piliers tiraient en arrière le centre phrénique et entraînaient le sternum en arrière en produisant l'aplatissement du thorax d'avant en arrière.

On a répété souvent cette expérience sur des chiens et des lapins, et on a vu que chez les chiens âgés les côtes ne cédaient pas avec la même facilité. On a vu également que toutes les fois que le diaphragme s'abaissait, le larynx était tiré en bas.

Relativement au diaphragme, j'ai observé que lorsque les animaux font des aboiements de douleur, le diaphragme est poussé en bas et détendu, et offre un aspect tout différent de celui qu'il présente pendant la respiration simple.

Les accidents, qui se produisent dans l'expérience que nous venons de rapporter, sont évidemment indépendants des qualités du sang et ne figurent ici qu'à titre de complication.

On se trouve encore, dans cette expérience, en présence de phénomènes qui traduisent l'influence du système nerveux.

D'abord, lorsqu'on ferme le robinet qui est adapté à la trachée, il y a arrêt subit du cœur et des mouvements respiratoires. Puis, une demi-minute après environ, les mouvements de dilatation et de resserrement du thorax recommencent à se produire. Si l'on veut que l'animal survive à cette épreuve, il faut alors se hâter d'ouvrir le robinet. Mais supposons qu'on le laisse fermé: les mouvements du cœur vont se ralentissant jusqu'à la mort.

A ce moment le cœur recommence à battre rapidement, plus rapidement qu'avant l'expérience.

Ce résultat, relatif au cœur, s'explique parfaitement : lorsqu'on a fermé la trachée, c'est par l'intermédiaire du pneumogastrique qu'a eu lieu l'arrêt du cœur, comme il a lieu quand on galvanise ce nerf chez un animal sain. Après la mort, l'action du pneumogastrique se trouvant supprimée, le cœur se met à battre en vertu de l'espèce d'activité propre que nous lui avons reconnue.

Cela est si vrai, que lorsqu'on a préalablement coupé les pneumogastriques, on n'observe plus les mêmes phénomènes : les mouvements du cœur, que nous savons être accélérés par la section des pneumogastriques, continuent alors même qu'on a fermé la trachée.

Ce fait de l'arrêt du cœur et la raison que je viens de vous en donner, me paraissent le plus puissant, je dirais presque le seul argument qu'on puisse faire valoir à l'appui des conclusions de Bichat qui attribuait au sang veineux une action particulière sur le système nerveux.

Relativement à l'altération du poumon qui suit l'occlusion de la trachée, je dois vous prévenir qu'elle ne s'observe pas également prononcée chez tous les animaux. Elle se produit d'autant mieux que le sujet est plus jeune et appartient à une espèce plus petite : très peu sensible chez les chiens adultes, elle est considérable chez les jeunes lapins.

De l'examen auquel nous venons de nous livrer, nous devons conclure que l'expérience de Bichat ne se présente pas avec l'expression symptomatique simple qui serait nécessaire pour légitimer la conclusion qu'il en a tirée.

Elle nous offre un ensemble d'actions diverses qui se combinent pour produire la mort, qu'il est dès lors presque impossible d'attribuer plus spécialement à l'une d'elles.

Nous allons voir d'ailleurs que l'injection du sang artériel pourrait produire le même effet que celui du sang veineux.

Exp.—Sur un jeune chien, nous avons, hier, introduit par la veine jugulaire droite une sonde jusque dans le ventricule droit; après quoi, engageant dans le pavillon de la sonde la canule d'une seringue chauffée, nous avons aspiré 40 centimètres cubes de sang, tout ce qu'en pouvait contenir la seringue. Ce sang veineux, qui n'avait pas vu l'air, fut immédiatement injecté par en haut dans l'artère carotide droite du même chien. L'injection fut faite rapidement; l'animal n'a rien éprouvé qu'un léger trouble dans les respirations qui, de fréquentes, sont devenues plus rares et très profondes pendant le temps qu'a duré l'injection. On a alors puisé par la sonde une nouvelle seringue de sang du cœur droit, qu'on a injecté de suite dans le même bout supérieur de la carotide droite. Rien encore n'a été noté que le trouble passager de la respiration observé pendant l'injection précédente. Une troisième seringue fut remplie dans le cœur et vidée par la carotide sans qu'on ait noté d'autre symptôme qu'un peu d'agitation vers la fin de l'expérience. Aucun phénomène ne se produisit qui pût être rapporté à une action toxique. L'animal fut mis en liberté dans le laboratoire. Dans les premiers moments il paraissait paralysé du train postérieur; puis, peu à peu cette paralysie disparut et l'animal a pu marcher. Ce chien a passé la

nuit dans le laboratoire ; nous l'y avons retrouvé ce matin, très malade, mais encore vivant.

Une expérience comparative était nécessaire ; car, malgré les précautions prises, il était presque impossible que nous n'eussions pas négligé de tenir compte de quelque influence capable peut-être de déterminer à elle seule les phénomènes anormaux qui pourraient s'offrir à notre observation.

Exp. — Sur un autre chien, de même espèce et de même taille, nous avons répété l'expérience précédente en injectant cette fois du sang artériel.

La carotide droite a été découverte; et, puisant avec la seringue 40 centimètres cubes de sang dans son bout inférieur, nous avons immédiatement injecté ce sang par le bout supérieur de la même artère. Cette première injection ne produisit rien que les respirations plus profondes et plus rares déjà notées dans l'expérience précédente. Une deuxième injection, faite dans les mêmes conditions, ne produisit encore rien d'appréciable. A la fin d'une troisième injection, l'animal poussa quelques cris et il y eut émission d'un peu d'urine. Mis en liberté, ce chien ne pouvait plus se tenir debout. Ce matin, nous l'avons trouvé mort, tandis que l'autre vit encore.

Il est certain que les injections dans les artères ne sont pas innocentes. Bichoff avait déjà signalé leur danger et indiqué comme possible un commencement de coagulation du sang dans la seringue. Dans nos expériences d'hier, je crois que les désordres produits sont le résultat mécanique d'une injection poussée du côté du cerveau. En poussant l'injection dans les artères qui

ne se rendent pas à la tête, nous n'aurions sans doute rien produit; mais Bichat ayant insisté particulièrement sur l'action du sang veineux sur les centres nerveux, notre première expérience devait conduire le sang veineux au contact du cerveau; quant à la seconde, elle était appelée par la première, son but étant de nous mettre à même d'apprécier ce qui, dans cette injection de sang veineux, devait être attribué au sang veineux et ce qui devait être attribué à l'injection. Les résultats que nous avons obtenus dans cette circonstance nous montrent, une fois de plus, combien il faut être réservé dans les conclusions à tirer de ces expériences dont les effets tiennent surtout au procédé opératoire qui a été suivi, et combien sont utiles dans tous les cas les expériences comparatives. Relativement à la question de savoir si le sang veineux jouit de propriétés toxiques que n'aurait pas le sang artériel, nous sommes dans toutes nos expériences arrivé à un résultat négatif quand le sang était frais; les désordres qui, dans ces conditions, ont fait périr les animaux, les font périr de même, lorsqu'au lieu de sang veineux on emploie du sang artériel.

Il ne faudrait cependant pas chercher là les bases d'une assertion contradictoire à celle de Bichat; on ne peut nier qu'au point de vue physiologique, le sang veineux et le sang artériel présentent des différences notables, et Bichat a eu raison de dire que le sang veineux est impropre à entretenir la vie. Mais l'exactitude de cette proposition ressort bien plutôt d'un ensemble de vues générales que de l'expérience par laquelle on avait cru la démontrer.

On peut cependant, par un rétrécissement progressif du larynx, produire une asphyxie lente pendant laquelle le sang sera noir dans les artères. On produit ainsi un état grave, mais qui diffère par ses symptômes de celui qui accompagne les phénomènes d'intoxication. Dans cette asphyxie lente, le sang devient noir dans les artères, la température animale s'abaisse, toutes les fonctions s'exécutent avec moins d'énergie, le sujet se rapproche des conditions physiologiques des animaux à sang froid. Il me semble permis de conclure de là que le sang veineux n'est pas toxique, mais qu'il est seulement impropre à entretenir dans les phénomènes de la vie l'activité que leur imprime le contact du sang artériel; il serait insuffisant, mais non pas nuisible.

L'hypothèse d'un virus particulier qui, existant dans le sang veineux, lui communiquerait des propriétés délétères, me paraissant devoir être écartée, j'examinerai maintenant comparativement le sang veineux et le sang artériel au point de vue des gaz oxygène et acide carbonique qui s'y rencontrent.

Les expériences que nous avons rapportées précédemment nous montrent que si le sang veineux est insuffisant pour entretenir les phénomènes de la vie, cela doit tenir, non pas à la présence de l'acide carbonique, mais à la trop faible quantité d'oxygène et peut-être aussi à la diminution de la température dans le sang, qui coïncide toujours avec la diminution de la pulsation du cœur qui n'est plus qu'insuffisamment excité.

Messieurs, nous avons étudié jusqu'ici les propriétés du sang qui nous ont paru les plus propres à établir les

relations qui existent entre le sang et les liquides qui en dérivent. Cette étude était une introduction nécessaire à celle des autres liquides organiques; mais vous prévoyez déjà que, même en bornant nos recherches aux propriétés physiologiques du sang, nous n'avons pu vousen tracer jusqu'ici qu'une histoire incomplète. En effet, s'il est vrai que tous les liquides de l'économie procèdent du sang, il ne l'est pas moins que tous ou presque tous y retournent sous une forme ou sous une autre. La nutrition nous présente un cercle dans lequel deux phénomènes jouent en même temps vis-à-vis l'un de l'autre le rôle de cause et celui d'effet; les organes sont, chez les êtres vivants, à la fois le but et le moyen des fonctions. Après nous être préparés à l'étude de la formation des liquides par l'examen du sang, il faut nous attendre à être ramenés souvent par l'examen des liquides aux questions qui se rattachent à la formation du sang. Le sang en effet ne saurait être considéré comme dérivant directement de l'alimentation qui ne lui fournit aucun des éléments qui s'y rencontrent dans l'état où on l'y trouve. C'est un véritable produit de sécrétion à la formation duquel concourent tous les liquides sécrétés et tous les organes dits chylopoïétiques, et c'est à ce point de vue qu'il nous faudra l'envisager lorsque nous y aurons été convenablement préparés par l'étude des divers liquides animaux.

FIN DU TOME PREMIER.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME PREMIER.

AVANT-PROPOS v

PREMIÈRE LEÇON. — De la méthode expérimentale. — De l'expérimentation et de ses perfectionnements. — De la critique expérimentale 1

DEUXIÈME LEÇON. — Liquides organiques normaux et pathologiques. — Leurs caractères communs. — Eau. — Effets de l'injection de l'eau dans le système vasculaire : expériences. — Limites étendues entre lesquelles peut varier la quantité d'eau qui existe dans l'organisme. — Classification des liquides organiques d'après leur réaction acide ou alcaline, d'après leur réaction fixe ou mobile. 28

TROISIÈME LEÇON. — Du sang. — Son rôle général comme milieu organique. — Effets de sa soustraction. — Influence du sang sur les tissus et des tissus sur le sang. — Étude des propriétés du sang. — Température. — Propriétés calorifiques chez les animaux à sang chaud et à sang froid. — Calorification. — Températures comparées du sang veineux et du sang artériel. — Expériences. — Critique d'anciennes expériences, causes d'erreur 41

QUATRIÈME LEÇON. — Observation de la température du sang dans les divers points de son trajet. — Procédé : thermomètres de M. Walferdin. — Procédé opératoire. — Des modifications de température que le sang éprouve en traversant l'appareil digestif. — Expériences. 63

CINQUIÈME LEÇON. — Des modifications de température que le sang éprouve en traversant l'appareil respiratoire. — Expériences. 103

SIXIÈME LEÇON. — Les foyers de calorification résident dans tous les tissus de l'organisme. — Le sang ne fait que répartir la chaleur. — La chaleur se produit dans les tissus. — Les organes sont plus chauds que le sang qui en sort. — Expériences. 134

SEPTIÈME LEÇON. — Phénomènes physiques de la circulation. — De la pression dans les voies circulatoires. — Moyens employés pour la mesurer. — Hémodynamomètre. — Cardiomètre. — Comparaison de ces deux instruments. — Pression artérielle et impulsion cardiaque. — La pression constante est nulle dans les ventricules. — Expériences 163

HUITIÈME LEÇON. — Du rôle des valvules qui bouchent les orifices artériels du cœur. — De la pression dans le système artériel. — Des rapports qui existent entre la pression constante et la pression intermittente. — Expériences. — De la pression dans le système veineux. 192

NEUVIÈME LEÇON. — De la pression du sang dans les différentes parties du système artériel. — Résultats différents en opérant avec divers instruments. — La pression artérielle est constante; l'impulsion cardiaque varie d'intensité. — Observation comparée de la pression dans les deux bouts d'une même artère coupée. — De la pression artérielle chez des animaux de taille différente. — Du pouls, sa fréquence, ses variations physiologiques en rapport avec l'état des fonctions digestives. — Rapports de la fréquence du pouls avec la production de chaleur, avec les mouvements, avec l'activité de la respiration. — Effets de la section des pneumogastriques sur la pression artérielle et l'impulsion cardiaque . 207

DIXIÈME LEÇON. — Influence des nerfs sur les phénomènes mécaniques de la circulation. — Expériences 229

ONZIÈME LEÇON. — Couleur du sang. — Système à sang rouge et système à sang noir, artériel et veineux. — Cette distinction de couleur est trop absolue. — Couleur du sang chez le fœtus et dans différentes espèces mammifères. — Influence du sexe, de l'âge, de l'état d'hibernation, etc. — Couleur rouge du sang veineux dans la veine rénale. — Expériences 252

DOUZIÈME LEÇON. — Influence du système nerveux sur la coloration du sang. — Influence d'une lésion produisant la paralysie d'une partie des centres nerveux. — Influence de la section du filet cervical du grand sympathique. — De la vénosité produite par la compression de la trachée. — Des actions nerveuses dans les phénomènes chimiques. — Mécanisme. — Expérience. . . 266

TREIZIÈME LEÇON. — Examen comparatif du sang artériel et du sang veineux. — Influence du système nerveux sur la coloration du sang. — En quoi consiste la vénosité? — De la capacité

d'absorption d'oxygène par les différents sangs veineux ; par le sang veineux et le sang artériel. — Action du système nerveux sur ce phénomène. — Explications d'observations anciennes. — Influence de la digestion et de l'état d'hibernation sur l'absorption de l'oxygène par le sang. — Relation qui existe entre les actes nerveux et les phénomènes chimiques qui se passent chez les êtres vivants 279

QUATORZIÈME LEÇON. — Pourquoi le sang veineux rénal est-il rouge ? — Rapport de la coloration rouge du sang veineux rénal avec l'état fonctionnel du rein. — Observations sur la coloration du sang veineux de la glande sous-maxillaire ; rapport de sa couleur avec l'état fonctionnel de cette glande. — Couleur du sang veineux qui sort des muscles en activité. — Expériences sur la glande sous-maxillaire. — Observation de l'appareil porte rénal chez les grenouilles, au point de vue de la couleur du sang 295

QUINZIÈME LEÇON. — Comment on doit caractériser l'état fonctionnel d'un organe glandulaire. — Comparaison entre l'activité musculaire et l'activité glandulaire. — Action différente des deux nerfs qui se rendent à la glande sous-maxillaire. — Expériences. — On ne peut actuellement en tirer des conclusions générales. — Du sang veineux rouge au sortir des muscles. 321

SEIZIÈME LEÇON. — Influence de l'acte pulmonaire sur la couleur du sang. — Double effet de la compression de la trachée sur la coloration du sang. — De la désartérialisation dans le système capillaire général. — État de l'oxygène dans le sang. — Comparaison du sang veineux rouge et du sang artériel. — Influence de la température sur l'action de l'acide carbonique sur le sang. — Le sang rouge porte en lui l'agent de sa transformation veineuse. — Relation apparente entre les actes mécaniques et les phénomènes chimiques de la circulation. — Comparaison de l'hématose avec la période excrétoire des sécrétions. — De la formation d'eau dans l'hypothèse d'une production d'acide carbonique par combustion interstitielle. — Expérience. 332

DIX-SEPTIÈME LEÇON. — Recherche des gaz du sang. — Oxygène et acide carbonique. — Formation d'acide carbonique dans le sang hors des vaisseaux. — Insuffisance des procédés de dosage par déplacement ou par le vide. — Influence de la température sur l'application de ces procédés. — Expériences. 354

DIX-HUITIÈME LEÇON. — Procédé nouveau d'analyse des gaz du sang. — Action de l'oxyde de carbone sur les globules sanguins. — Son emploi pour arriver à déplacer l'oxygène. — Expériences. 365

DIX-NEUVIÈME LEÇON. — Rapport de la couleur du sang avec les quantités d'oxygène et d'acide carbonique qu'il contient. — Quantités absolues et relatives. — Influence de la température de certains sels et de quelques gaz. — Influences physiques capables de modifier la couleur du sang. — Identité entre le mécanisme de ces actions et l'influence nerveuse. — Anomalies apparentes de coloration liées à des conditions complexes. — Influence du carbonate de soude sur la coloration du sang. — Action de l'oxyde de carbone sur l'oxygène des tissus. 396

VINGTIÈME LEÇON. — Réaction du sang. — Sa coagulabilité. — Influence de la température et du système nerveux sur la coagulation du sang. — De la quantité du sang. — Insuffisance des procédés de dosage. — Expériences sur la coagulation 411

VINGT ET UNIÈME LEÇON. — Rapports de composition du sang avec les produits de sécrétion. — De l'eau du sang ; ses origines possibles. — Des variations dans le rapport qui existe entre la proportion de l'eau et celle des matériaux solides. — Rien ne prouve la formation d'eau dans l'organisme. — L'eau des sécrétions vient du sang. — Des sels minéraux dans le sang et dans les produits de sécrétion. — Des voies électives d'élimination. — De l'élimination du fer. — Urée et acide urique ; leur élimination. — Des matériaux organiques du sang. — Fibrine. — De l'influence de la fibrine sur la coagulation. — Analogies entre la fibrine et l'albumine 439

VINGT-DEUXIÈME LEÇON. — Variations de la quantité de fibrine dans les différents points des voies circulatoires. — Coagulation du sang défibriné. — L'albumine ne passe pas normalement dans les sécrétions. — Albumine, albuminose et caséine. — Globules. — Parallèle entre le sang et les produits de sécrétion. — Propriétés du sang. — Rôle physique de l'albumine et de la fibrine. — Rôle des globules. — Opération de la transfusion. — Possibilité de l'opérer d'un animal d'une espèce à un animal d'une autre espèce. — Causes d'insuccès de cette opération. . . 456

VINGT-TROISIÈME LEÇON. — Hématologie pathologique. — Des altérations du sang dans les maladies. — Altérations par modification des rapports de quantité de ses éléments. — Altération

par introduction d'un principe fermentifère venu du dehors. — Altération par modification des conditions qui président à la nutrition. — Des réactions chimiques qui s'accomplissent dans le sang entre éléments minéraux et entre matériaux organiques. — Des germes organiques fournis par l'air 476

VINGT-QUATRIÈME LEÇON. — Altérations du sang produites par des matières putrides venues du dehors. — Altérations par fermentations spontanées ou de cause interne. — Comparaison des résultats de l'extirpation d'un rein et de la destruction de ses nerfs. — Intoxication putride spontanée de cause nerveuse. — Spécialité d'action des ferments 492

VINGT-CINQUIÈME LEÇON. — Du sang noir et de son inaptitude à entretenir la vie. — Expériences de Bichat : ligature de la trachée. — Examen critique de cette expérience. — Injection de sang veineux dans l'aorte. — Difficultés de cette opération. — De la respiration artificielle comme moyen d'étude de l'action du sang noir sur les organes sécréteurs. — Le sang veineux est-il toxique parce qu'il contient des principes organiques délétères ? — Effets de l'occlusion de la trachée. — Expérience. — Effets de l'asphyxie lente, différents de ceux d'une intoxication. — L'insuffisance du sang veineux pour entretenir la vie tient moins à la présence de l'acide carbonique ou d'un principe organique toxique qu'à l'absence d'oxygène 501

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME PREMIER.

Paris. — Imprimerie de L. Martinet, rue Mignon, 2.

